

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EMANUELA WEHMUTH ALVES WEIDLICH

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E COMPETIÇÃO  
COM *BRACHIARIA HUMIDICOLA* EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA  
FLUVIAL

CURITIBA  
2011

EMANUELA WEHMUTH ALVES WEIDLICH

Capítulo 1: RESTAURAÇÃO DE FLORESTA FLUVIAL: DESENVOLVIMENTO DE  
ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS

Capítulo 2: INFLUÊNCIA COMPETITIVA DE GRAMÍNEAS EXÓTICAS NO  
DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Conservação da Natureza, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Dr. Gustavo Ribas Curcio  
Co-orientador: Dr. Alexandre Uhlmann

CURITIBA  
2011

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Weidlich, Emanuela Wehmuth Alves

Desenvolvimento espécies arbóreas nativas e competição com  
*Brachiaria humidicola* em área de restauração de floresta fluvial / Emanuela  
Wehmuth Alves Weidlich - 2011.

68 fls. : il.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Ribas Curcio

Co-orientador Prof. Dr. Alexandre Uhlmann

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Defesa: Curitiba, 17/11/2011.

Inclui bibliografia.

Área de concentração: Conservação da Natureza

1. Solos heteromórficos. 2. Ecologia florestal. 3. Revegetação. 4. Teses.  
I. Curcio, Gustavo Ribas. II. Uhlmann, Alexandre. III. Universidade Federal  
do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Florestal. IV. Título.


CDD – 634.9  
CDU – 634.0.181.3

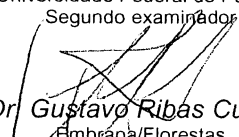
## PARECER

Defesa nº. 892


A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) mestrando(a) *Emanuela Wehmuth Alves Weidlich* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E COMPETIÇÃO COM *Brachiaria humidicola* EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA FLUVIAL**", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.

  
Dr. Alexander Silva de Resende  
Embrapa Agrobiologia  
Primeiro examinador

  
Dr. Carlos Vellozo Roderjan  
Universidade Federal do Paraná  
Segundo examinador

  
Dr. Gustavo Ribas Curcio  
Embrapa Florestas  
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 17 de novembro de 2011.

  
Antonio Carlos Batista  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Carlos Roberto Sanquetta  
Vice-coordenador do curso

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná  
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



*Dedico este trabalho ao meu marido **Rafael**, um  
grande cientista e meu maior incentivador.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e saúde.

A minha família, meu porto seguro. A minha mãe Elfi, pelos valores ensinados, pelo exemplo de amor pela profissão. Ao meu pai, Vidal (*in memoriam*), agradeço por todo amor, com eterna saudade. A minha irmã Letícia pelo amor incondicional e pela parceria de sempre.

Ao meu marido Rafael por todo amor, paciência e incentivo nas horas boas e difíceis.

Ao orientador Gustavo Curcio pelo incentivo, credibilidade, ensinamentos; e também a Annete Bonnet pelo auxílio e atenção.

Ao co-orientador Alexandre Uhlmann por me apresentar ao grupo de pesquisa e por aceitar mais esta parceria.

Aos professores Alessandro Angelo, Carlos V. Roderjan, Franklin Galvão e Yoshiko Kuniyoshi pelos ensinamentos ao longo do mestrado.

Aos amigos Raquel Kanieski e Philipe Soares pelas inúmeras hospedagens, caronas e, sobretudo pela amizade.

Aos amigos conquistados ao longo do curso, em especial a Michele Ramos e Ludmila Profumo pela parceria nos meus dias em Curitiba.

Ao CNPq e a Bunge Alimentos S.A. pelo financiamento do projeto e aos funcionários e bolsistas que auxiliaram em campo, em especial a Eduardo Zimmer e Alex Volkmann.

Aos amigos Bruna Grosch, Felipe B., Mireli Muller pelo auxílio em campo e nas planilhas do Excel.

A grande amiga Fernanda Lima, pelo auxílio na estatística e revisão das normas.

Ao amigo Maurício Pozzobon por iniciar esta pesquisa e pelos dados fornecidos.

A professora Tatieli Fenili do Laboratório de Edafologia da FURB pelo auxílio no empréstimo dos equipamentos e do laboratório.

Ao professor Dirceu Severo do CEOPS da FURB pelos dados fornecidos.

A CAPES pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da UFPR.

“Menor que meu sonho não posso ser”

Lindolfo Bell

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b>  | 08 |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>   | 10 |
| 2.1 Geologia geral de Santa Catarina                                       | 10 |
| 2.2 Bacias hidrográficas   | 10 |
| 2.3 Bacia hidrográfica do Rio Itajaí                                       | 13 |
| 2.4 Florestas fluviais e histórico de uso do Vale do Itajaí/SC             | 16 |
| 2.5 Restauração de áreas degradadas  | 16 |
| LITERATURA CITADA (Parte Inicial)  | 20 |
| <b>3 CAPÍTULO 1</b>  | 23 |
| 3.1 INTRODUÇÃO   | 24 |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS   | 27 |
| 3.2.1 Área de estudo   | 27 |
| 3.2.2 Procedimento metodológico  | 29 |
| 3.2.2.1 Modelo de Plantio  | 29 |
| 3.2.2.2 Poços hídricos   | 29 |
| 3.2.2.3 Desenvolvimento das espécies arbóreas                              | 30 |
| 3.2.2.4 Biomassa de <i>B. humidicola</i> em Cambissolo Flúvico             | 31 |
| 3.2.3 Análise de dados   | 32 |
| 3.3 RESULTADOS   | 33 |
| 3.3.1 Saturação hídrica dos solos  | 33 |
| 3.3.2 Sobrevivência das espécies arbóreas                                  | 35 |
| 3.3.3 Desenvolvimento das espécies arbóreas                                | 36 |
| 3.3.4 Influência competitiva de <i>B. humidicola</i> em Cambissolo         | 40 |
| 3.4 DISCUSSÃO  | 42 |
| 3.4.1 Saturação hídrica dos solos  | 42 |
| 3.4.2 Sobrevivência das espécies arbóreas                                  | 43 |
| 3.4.3 Desenvolvimento das espécies arbóreas                                | 45 |
| 3.4.4 Influência competitiva de <i>B. humidicola</i> em Cambissolo Flúvico | 47 |
| 3.4.5 Modelos de plantio em Cambissolo Flúvico e Neossolo Flúvico          | 48 |
| 3.5 CONCLUSÕES   | 50 |
| LITERATURA CITADA (Capítulo 1)   | 52 |
| ANEXO 1  | 55 |
| <b>4 CAPÍTULO 2</b>  | 56 |
| 4.1 INTRODUÇÃO   | 57 |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS   | 59 |
| 4.2.1 Competição entre espécies nativas e <i>Brachiaria humidicola</i>     | 59 |
| 4.2.2 Análises de dados  | 59 |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 60 |
| 4.4 CONCLUSÕES   | 64 |
| LITERATURA CITADA (Capítulo 2)   | 66 |



## LISTA DE FIGURAS - Capítulo 1

|   |    |
|---|----|
| MAPA 1 - Localização das duas áreas de estudo.....  | 27 |
| FIGURA 1 - Modelos de plantio das unidades de espaçamento.....  | 29 |
| FIGURA 2 - Sobrevivência em Neossolo Flúvico das espécies plantadas após cinco anos de plantio.....   | 36 |
| FIGURA 3 - Sobrevivência em Cambissolo Flúvico das espécies plantadas após cinco anos de plantio.....   | 36 |
| FIGURA 4 - Altura média ao longo do tempo de <i>S. terebinthifolius</i> , <i>I. marginata</i> , <i>A. glandulosa</i> , <i>C. myrianthum</i> nas duas áreas de estudo.....   | 37 |
| FIGURA 5 - Diâmetro médio de <i>S. terebinthifolius</i> , <i>I. marginata</i> , <i>A. glandulosa</i> , <i>C. myrianthum</i> ao longo do tempo nas duas áreas de estudo..... | 39 |

## LISTA DE TABELAS – Capítulo 1

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 - Composição granulométrica e valores S (soma de bases extraíveis), T (atividade da fração argila), V% (saturação por bases trocáveis) e m% (saturação por Alumínio trocável) dos solos das áreas experimentais..... | 28 |
| TABELA 2 - Percentual médio de permanência das classes de saturação hídrica dos solos nas seções 1, 2 e 3 no período de 2007 a 2011, na área do Neossolo Flúvico.....   | 33 |
| TABELA 3 - Porcentagem dos níveis de saturação hídrica alcançado em Neossolo Flúvico nas seções 1, 2 e 3, no período de 2007 a 2011.....  | 34 |
| TABELA 4 - Frequência de inundação do rio, tempo de cada pulso em dias consecutivos e tempo total de inundação para cada estação, no período de 2006 a 2011, na área do Neossolo Flúvico.....                                 | 34 |
| TABELA 5 - Relação entre tempo médio de inundação e número de indivíduos mortos na área do Neossolo Flúvico por estação do ano, no período de 2006 a 2011.....  | 35 |
| TABELA 6 - Altura por espaçamento de <i>S. terebinthifolius</i> , <i>I. marginata</i> , <i>A. glandulosa</i> , <i>C. myrianthum</i> nas duas áreas de estudo, após cinco anos de plantio.....                                 | 38 |
| TABELA 7 - Diâmetro por espaçamento de <i>S. terebinthifolius</i> , <i>I. marginata</i> , <i>A. glandulosa</i> , <i>C. myrianthum</i> nas duas áreas de estudo, após cinco anos de plantio.....                               | 39 |
| TABELA 8 - Comparação entre as alturas médias finais de <i>S. terebinthifolius</i> , <i>I. marginata</i> , <i>A. glandulosa</i> , <i>C. myrianthum</i> em Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico.....                          | 40 |
| TABELA 9 - Comparação entre os diâmetros médios finais de <i>S. terebinthifolius</i> , <i>I. marginata</i> , <i>A. glandulosa</i> , <i>C. myrianthum</i> em Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico.....                        | 40 |
| TABELA 10- Biomassa aérea fresca e seca (ton/ha) de <i>B. humidicola</i> por ponto amostral em Cambissolo Flúvico.....  | 41 |
| TABELA 11 - Biomassa radicial (ton/ha) de <i>B. humidicola</i> por ponto amostral em Cambissolo Flúvico.....  | 41 |

## LISTA DE TABELAS – Capítulo 2

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 – Incremento médio em altura e diâmetro de <i>A. glandulosa</i> com e sem <i>B. humidicola</i> .....                               | 60 |
| TABELA 2 – Biomassa final de <i>A. glandulosa</i> com e sem <i>B. humidicola</i> .....  | 60 |
| TABELA 3 - Incremento médio em altura e diâmetro de <i>C. myrianthum</i> com e sem <i>B. humidicola</i> .....                               | 61 |
| TABELA 4 - Biomassa final de <i>C. myrianthum</i> com e sem <i>B. humidicola</i> .....  | 61 |
| TABELA 5 - Comparação das biomassas finais de <i>C. myrianthum</i> , <i>A.glandulosa</i> e <i>B. humidicola</i> nos vasos com gramínea..... | 62 |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Esta dissertação faz parte dos resultados decorrentes da parceria entre a Embrapa Florestas, a Universidade Regional de Blumenau (FURB) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR), que há cerca de 10 anos têm investido em pesquisas conjuntas na área de restauração florestal em ambientes fluviais da bacia do Itajaí-açu, em Santa Catarina. Pesquisadores das duas primeiras entidades realizaram levantamentos do componente arbóreo considerando variações de solo em diferentes posições de leito (CURCIO *et al.*, 2006). Como resultado dessa pesquisa, várias espécies foram indicadas como potenciais para recuperação de florestas fluviais na bacia.

Desde 2005, através de convênio com a empresa Bunge Alimentos S.A., a equipe desenvolve trabalhos de coleta de sementes e produção de mudas das espécies o que possibilitou, no ano de 2006, o estabelecimento de Unidades de Pesquisa (UP's). Seis destas foram implantadas sob diferentes condições pedológicas, nos municípios de Apiúna, Gaspar, Navegantes e Itajaí.

Dentro deste contexto, um trabalho de mestrado avaliou entre 2006 e 2008 a sobrevivência e crescimento de algumas espécies florestais nativas, nas margens do rio Itajaí-açu, sob duas condições de solos (Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico – RY e Cambissolo Flúvico Tb Distrófico gleissólico – CY) sob diferentes espaçamentos e vizinhança em duas UP's no município de Apiúna (POZZOBON, 2009).

O presente trabalho teve como objetivo dar continuidade a esta pesquisa com plantios de espécies nativas nas margens do rio Itajaí-açu em Apiúna. Sua estrutura foi segmentada em dois capítulos na forma de artigos científicos. Precedendo os dois capítulos, consta uma revisão da literatura disponível.

O primeiro capítulo analisa o desenvolvimento e sobrevivência dos indivíduos arbóreos das áreas com Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico, considerando o tempo decorrido desde sua implantação, o regime hídrico dos solos, as inundações e a competição com gramíneas.

O segundo avalia as interações competitivas entre a gramínea *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick e as espécies arbóreas *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl e *Cytherexylum myrianthum* Cham. a partir de experimentos plantados em

vasos dispostos em casa de vegetação, inferindo sobre os efeitos da matocompetição no desenvolvimento de espécies nativas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Geologia geral de Santa Catarina

O estado de Santa Catarina pode ser dividido em dois grandes compartimentos denominados Região do Planalto, que apresenta um relevo altiplano levemente inclinado para oeste, e uma área que se desenvolve da borda do planalto até o mar, denominada Região do Litoral e Encostas (PELUSO JÚNIOR, 1986). O planalto encontra-se afastado do litoral e algumas bacias hidrográficas iniciam na borda deste altiplano lançando-se ao oceano Atlântico. A Serra Geral é o limite entre a Região do Planalto e a Região de Litoral e Encostas. A Serra do Mar, em contrapartida, limita-se a pequeno trecho ao norte do estado (PELUSO JÚNIOR, 1986).

De leste para oeste no estado afloram quatro grandes grupos de rochas: a faixa de sedimentos recentes, a faixa de rochas ígneas e metamórficas mais antigas (Escudo Catarinense), as rochas sedimentares de origem gondwânica, e finalmente os derrames de lavas básicas e ácidas da Serra Geral (AUMOND, 1994).

Os sedimentos recentes de idade Cenozóica foram depositados nos últimos 10 mil anos, após a última era glacial. O Escudo Catarinense, composto de rochas ígneas e metamórficas mais antigas, foi formado entre o Proterozóico e Paleozóico (2,7 bilhões a 550 milhões de anos). As rochas sedimentares datam do Paleozóico (280 a 115 milhões de anos). Os derrames de lava da Serra foram promovidos por movimentos das placas litosféricas, precedendo imediatamente a abertura do Gondwana, no Mesozóico (AUMOND, no prelo).

### 2.2 Bacias hidrográficas

Bacias hidrográficas ou bacias de drenagem são áreas da superfície terrestre drenadas por um rio principal e tributários, sendo, portanto, a área de captação natural da água de precipitação que direciona o escoamento para um único ponto de saída denominado exutório (RICCOMINI, 2009; NOVO, 2008). São divididas em microbacias, que são constituídas por cabeceiras de drenagem e nascentes, ambas responsáveis pela perenidade do fluxo hídrico de base, e pelo córrego e demais regiões de influência superficial e subsuperficial

As variações de volume de água que escoam por canais fluviais são dependentes do regime hidrológico e este, por sua vez, relaciona-se com o clima, estrutura geológica da bacia, relevo, cobertura vegetal, altitude, orientação e declividade da bacia (BIGARELLA, 2003; RICCOMINI, 2009), além das características dos solos. A capacidade de infiltração influi no controle do escoamento de uma bacia hidrográfica e nos problemas regionais com a erosão (SUGUIO; BIGARELLA, 1979).

Além do suprimento de água em bacias de drenagem, ocorrem também escoamentos não concentrados, denominados escoamento superficial e subsuperficial. O primeiro ocorre quando a taxa de precipitação excede a taxa de infiltração de água no solo, ou quando há saturação de água no solo, ou ainda com o nível freático próximo à superfície. O segundo se forma com fluxos de água dentro do solo, em condição de saturação ou não saturação (NOVO, 2008).

Geomorfologicamente, o termo rio aplica-se a qualquer fluxo canalizado de água, que funciona como canal de escoamento fluvial, parte importante do ciclo hidrológico (CHRISTOFOLETTI, 1980; NOVO, 2008). São considerados agentes importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas, bem como dos continentes para o oceano.

Segundo Christofolletti (1980), os leitos fluviais correspondem aos espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas, e caracterizam-se morfologicamente por apresentar área de vazante, leito menor, leito maior periódico ou sazonal e leito maior excepcional. A vazante é o fundo do rio onde ocorre o escoamento da água, acompanhando a linha de maior profundidade do rio, o talvegue. O leito menor é delimitado pelas margens, que tem escoamento de água suficiente para impedir crescimento da vegetação. É separado do leito maior por diques marginais. O leito maior sazonal pode ser ocupado por cheias.

Em planícies fluviais, dentre outras variáveis, a vegetação distribui-se de acordo com os regimes hídricos do solo. Assim, são classificados como solos hidromórficos aqueles com elevados níveis de saturação hídrica (lençol freático com 0 a 50 cm de profundidade); semi-hidromórficos, os com saturação hídrica temporária (50 a 100 cm); e não-hidromórficos, aqueles com ausência de saturação hídrica (acima de 100 cm) (CURCIO *et al.*, 2006; CURCIO, 2007). As espécies, por sua vez, se estabelecem de acordo com o regime hídrico do solo e se enquadram em grupos hidrofuncionais, de acordo com os conceitos de saturação hídrica:

hidrófilas, higrófilas e mesófilas, correspondendo a espécies adaptadas, respectivamente, aos solos hidromórficos, semi-hidromórficos e não-hidromórficos.

De acordo com a erosão, transporte e depósito de sedimentos os rios formam diferentes padrões de leito. Estes ressaltam como o rio se ajusta ao tipo, tamanho e volume da carga de sedimentos que transporta. Os padrões de canais fluviais podem ser estruturais, classificados em retilíneo e anastomosado; ou esculturais, que expressam os padrões sinuoso e meândrico (NOVO, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1980; BIGARELLA, 2003; RICCOMINI, 2009). Todas estas formas podem ocorrer associadas em uma mesma bacia de drenagem.

O padrão retilíneo é tipicamente encachoeirado, onde o rio é controlado por falhas e fraturas, não ocorrendo transbordamento e, portanto, deposição de sedimentos (BIGARELLA, 2003). São acompanhados de espécies arbóreas mesófilas sobre solos com boa drenagem, permitindo a formação de florestas fluviais bem estruturadas e diversas, muito semelhantes aos padrões das florestas situadas em encostas (CURCIO *et al.*, 2006).

Os rios com padrão de canal anastomosado estão relacionados com elevada carga de sedimentos. Quando o rio transporta material grosseiro em quantidade e não tem capacidade e competência permanente para conduzi-lo até o nível de base final, deposita-os no próprio leito. Com isso, formam-se obstáculos que fazem com que o rio se ramifique em diversos canais pequenos, desordenados e rasos, migrando entre as ilhotas formadas (CHRISTOFOLETTI, 1980). A presença marcante dos seixos nos canais dos rios é importante, pois determina atrito ao fluxo de água, diminuindo a velocidade do canal.

Nas planícies, os rios assumem normalmente padrão de leito sinuoso, o encachoeiramento se extingue possibilitando a entrada de espécies mesófilas associadas à higrófilas (CURCIO *et al.*, 2006). Com o processo de transborde fluvial há o descarte de material lateralmente, edificando as planícies. Estas planícies estão sob condições de ascendência e descendência do lençol freático, permitindo o estabelecimento de florestas fluviais (NOVO, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1980; BIGARELLA, 2003; RICCOMINI, 2009). Estas florestas são determinadas pelo regime de hidromorfia do solo. Cabe lembrar que, muitas vezes, junto às formações florestais existem situações particulares em que há predominância de formações campestres na planície.

Nos canais meândricos os rios apresentam curvas de alta sinuosidade e semelhantes entre si, formadas por contínua escavação da margem côncava e deposição na margem convexa (CHRISTOFOLETTI, 1980). São rios com gradiente moderadamente baixos, onde as cargas em suspensão e de fundo estão em quantidades equivalentes. Possuem um único canal que transborda em períodos de chuva, formando as planícies de inundação (NOVO, 2008). A carga de sedimentos transportados é estável em razão da topografia mais plana e da cobertura vegetal. Predominam solos hidromórficos, com presença, portanto, de espécies higrófilas e hidrófilas (CURCIO *et al.*, 2006). A vegetação neste tipo de padrão de leito minimiza a erosão nas cabeceiras e nas margens do canal (BIGARELLA, 2003).

Em rios meandrantos o eixo com velocidade máxima encontra-se mais próximo do banco côncavo. Em contrapartida, a velocidade e turbulência diminuem em direção ao banco convexo de menor profundidade. Esse mecanismo forma as superfícies de degradação e aggradação, respectivamente. Os meandros abandonados se destacam entre as formas derivadas dos canais meândricos (RICCOMINI, 2009).

### 2.3 Bacia hidrográfica do rio Itajaí-açu

A bacia hidrográfica do rio Itajaí-açu tem uma área de cerca de 15.500 km<sup>2</sup> e tem como maior curso de água o rio Itajaí-açu. Este tem início no município de Rio do Sul, em Santa Catarina, através das junções dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul (BRASIL, 1984). O curso do rio Itajaí-açu pode ser dividido em três partes, de acordo com suas características físicas. O Alto Itajaí-açu, no município de Rio do Sul, apresenta cerca de 26 km, desde a confluência dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul até o Salto dos Pilões no município de Lontras, apresentando pouca declividade. O Médio Itajaí-açu, com fortes declives, possui cerca de 83 km e se expande do Salto dos Pilões até o Salto Weissbach em Blumenau. Finalmente, o Baixo Itajaí-açu tem cerca de 80 km, e consiste no trecho do Salto Weissbach até o oceano Atlântico, com declividade reduzida (BRASIL, 1984).

Geologicamente a bacia é constituída por rochas ígneas e metamórficas do Escudo Catarinense, sedimentares e sedimentos recentes (AUMOND, 1994). A erosão regressiva a partir do litoral, rumo a oeste, dá origem aos vales dos rios Itajaí do Norte, Sul e Oeste (PELUSO JÚNIOR, 1986).



O soerguimento da porção oriental do continente Americano, ocorrido após a fragmentação dos continentes (Mesozóico/Triássico) é fator determinante na configuração atual da bacia. Este processo provocou a formação de um imenso divisor de águas, segmentando um conjunto de grandes bacias e estabelecendo o sistema de drenagem atual, com águas rumando para oeste ou, como é o caso da bacia do Itajaí-açu para leste (PELUSO JÚNIOR, 1986). Este soerguimento também provocou fraturamentos de direção nordeste, que formaram os falhamentos responsáveis por grande parte do rio Itajaí-açu.

Curcio *et al.* (2006) dividiram o rio Itajaí-açu em seis compartimentos geopedológicos, relacionando as características dos litotipos incididos, associados às mudanças no padrão de leito.

O primeiro compartimento, entre as cidades de Taió e Lontras, é composto por rochas sedimentares do Paleozóico, onde predominam as formações Rio Bonito e Rio do Sul. Segundo os autores, ainda que a grande planície ocorra sobre um sistema de falhas, caracterizando controle estrutural, observa-se no primeiro compartimento sinuosidade no leito. As margens apresentam elevados níveis de erosão e ausência de vegetação arbórea. Os solos são argilosos, caracterizados como Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos, ou em situações de boa drenagem, Cambissolos.

O compartimento dois, entre as cidades de Lontras e Apiúna, apresenta rochas graníticas do Proterozóico Superior (CURCIO *et al.*, 2006). O Granito Subida aflora entre Ibirama e Lontras e, por apresentar resistência à erosão, é responsável pela velocidade lenta da água do rio Itajaí-açu a montante do Salto Pilão, entre Lontras e Rio do Sul, bem como pelo aumento de declividade e velocidade a partir da superação dessa barreira (AUMOND, no prelo; PELUSO JÚNIOR, 1986). A partir deste compartimento, o rio apresenta leito retilíneo em função da forte declividade, apresentando encachoeiramento e grandes desníveis longitudinais, formando vales em forma de “v”. Possui solos de textura média, com presença de Cambissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos. Neste compartimento, Curcio *et al.* (2006) registraram um dos últimos remanescentes de florestas fluviais ao longo do rio.

O terceiro compartimento, entre Apiúna e Ascurra/Indaial, onde se localizam as áreas avaliadas no presente estudo, é composto de rochas do grupo Itajaí (CURCIO *et al.*, 2006). Estão presentes pacotes de rochas com espessura de 1200 metros aflorando nas margens do rio Itajaí-açu na cidade de Apiúna (AUMOND, no

prelo). Neste compartimento o rio perde grande parte de sua capacidade e competência. Observa-se a presença de depósitos laterais arenosos e ilhas fluviais detríticas psamo-pelíticas, em padrão de leito sinuoso encaixado.

A partir deste compartimento o vale começa a ampliar sua largura, com margens muito erodidas, resultado do elevado grau de cisalhamento causado pelos fluxos nas cheias, conciliados pela textura média e arenosa dos solos e depósitos que compõem as margens (CURCIO *et al.*, 2006). Esses processos erosivos são ainda realçados pela ausência de florestas ciliares.

O Complexo Granulítico de Santa Catarina, pertencente ao Embasamento Cristalino, compreende cerca de 30% da parte oriental da bacia hidrográfica do Itajaí, e compreende a região do quarto compartimento, com predomínio de Neossolos Flúvicos e Cambissolos Háplicos. Neste compartimento, localizado entre Ascurra/Indaial e Gaspar, o padrão de leito é sinuoso com forte ampliação na largura do leito fluvial, justificado pela presença de fundo rochoso de grande resistência que dificulta o aprofundamento da linha de talvegue (CURCIO *et al.*, 2006).

No quinto compartimento, entre as cidades de Gaspar e Ilhota, a planície é edificada em sedimentos depositados sobre grande número de litotipos, como gnaisses do Complexo Granulítico de Santa Catarina, arenitos da formação Gaspar e siltitos da formação Campo Alegre. Apresenta padrão de leito sinuoso encaixado, com margens muito alçadas. Nas curvas de agradação observam-se depósitos psamo-pelíticos gleizados, revelando altos níveis de hidromorfia (CURCIO *et al.*, 2006). Nas curvas de degradação, os mesmos autores identificaram Cambissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos de textura média e argilosa. Assim como nos demais compartimentos as florestas também estão ausentes.

O sexto compartimento encontra-se muito próximo ao mar, entre as cidades de Ilhota e Navegantes. A planície está assente em micaxistos e metarenitos do Complexo Metamórfico Brusque e arenitos da Formação Gaspar, com sedimentos heterogêneos de natureza flúvio-marinha. Observa-se o efeito dos refluxos hídricos causados pelas oscilações dos níveis marinhos, gerando velocidade de fluxo muito lenta, ensejando, portanto, os padrões de leito sinuoso e meândrico. Os processos erosivos são ainda mais acentuados em razão da retirada ilegal de areia próxima das margens. Os solos constituintes das margens são argilosos e gleizados, representados por Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos. Por apresentar

menores declividades e proximidade marinha, há menor energia de fluxo, justificando a textura argilosa dos solos (CURCIO *et al.*, 2006).

#### 2.4 Florestas fluviais e histórico de uso do Vale do Itajaí/SC

Florestas fluviais são formações florestais associadas aos corpos hídricos, e que apresentam variações florísticas e estruturais relacionadas com a dinâmica interativa entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre (RODRIGUES *et al.*, 2009). São consideradas área de preservação permanente pelo Código Florestal brasileiro (Lei nº 4771/65).

Em Santa Catarina, a partir da colonização europeia no Vale do Itajaí no século XIX, as florestas foram exploradas para dar lugar a agricultura e a pastagem, além da exploração madeireira, especialmente no Alto Vale. Entre os anos de 1940 e 1950, próximo às cidades e vilas, a maior parte das florestas foram dizimadas e incendiadas, especialmente devido as bromélias, fato justificado pela epidemia de malária que se acentuava no médio e baixo Vale do Itajaí (AUMOND *et al.*, 2009). De acordo com os mesmos autores, posteriormente, nas décadas de 70 e 80, a vegetação secundária e parte das florestas primárias foram cortadas para fornecimento de lenha para as indústrias em pleno crescimento na região.

O mesmo ocorreu em outros locais da região sul e sudeste, culminando na criação, em 1993, do Decreto Federal nº 750, vigente até 2006, que suspendia a exploração da Mata Atlântica. Este permitiu um aumento significativo da cobertura secundária em Santa Catarina e Vale do Itajaí. Porém, atualmente, a ocupação e uso dos recursos florestais são fortemente impactados pelo aumento da população, agricultura, pecuária e indústrias, bem como pelo desrespeito às leis vigentes (AUMOND *et al.*, 2009).

#### 2.5 Restauração de áreas degradadas

Os processos de restauração de áreas degradadas no Brasil iniciaram apenas com a preocupação de proteção dos recursos hídricos, edáficos e estabilização de encostas. Os plantios eram aleatórios, sem muito conhecimento sobre as espécies implantadas, muitas vezes com utilização de exóticas (BELLOTO *et al.*, 2009).

Posteriormente, os conhecimentos sobre sucessão florestal começaram a ser aplicados nos projetos de restauração, considerando então as categorias sucessionais. Esperava-se que a sucessão ocorresse em plantios em que se consorciavam grande diversidade de espécies. Este conceito, porém, considerava os ambientes como sistemas fechados e auto-ajustáveis, descartando a hipótese de haver mais de um clímax produzidos a partir de variações naturais no local em restauração.

Atualmente os estudos acerca da restauração de áreas degradadas não se baseiam mais em copiar um modelo de floresta madura, mas visam a restauração dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução de uma floresta (ISERNHAGEN *et al.*, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2009), ou seja, utilização de diferentes métodos para acelerar e direcionar a sucessão natural. É possível restaurar uma área com espécies características, direcionando os processos naturais para garantir estabilidade do sistema no futuro. Pode ser muito mais importante do que tentar voltar à sua condição primitiva, até porque, não há como determinar que os ecossistemas remanescentes, tidos como referência, representem a condição original (ENGEL; PARROTA, 2008).

Desta forma, em locais com elevado potencial de auto-restauração, aproveitar a regeneração natural, apenas controlando competidores e sem o plantio de mudas pode ser o método mais eficaz. Em contrapartida, em situações de elevada degradação, a introdução de espécies e estratégias em longo prazo pode ser o único método possível (ISERNHAGEN *et al.*, 2009).

Engel e Parrota (2008) sugerem que as metodologias de restauração dependem da definição dos objetivos da restauração, ou seja, qual ecossistema se quer atingir, do diagnóstico do local a ser restaurado e das barreiras ecológicas que dificultam a regeneração e resiliência do ecossistema e, finalmente, da integração entre restauração ecológica e desenvolvimento rural.

As técnicas mais utilizadas atualmente são regeneração natural e controle de competidores, uso de banco de sementes de plantas nativas coletadas em formações florestais que serão destruídas, semeadura direta ou enriquecimento de áreas pouco diversas, poleiros naturais ou artificiais para atrair dispersores (REIS, *et al.*, 2003; TRES; REIS, 2009) e plantio de mudas em diferentes modelos de espaçamento e número de espécies (ISERNHAGEN *et al.*, 2009, POZZOBON *et al.*,

2010). É comum também a utilização de várias técnicas conjugadas em uma única área.

Santa Catarina conta com algumas iniciativas de restauração de áreas degradadas. No Alto Vale, a APREMAVI (Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida) possui viveiro de mudas nativas que são plantadas em terras de pequenos agricultores e proprietários da região, bem como realizado enriquecimento em florestas secundárias (SCHÄFFER; PROCHNOW, 2002).

Outro grupo em Santa Catarina sugere a técnica de nucleação como forma de recuperar ambientes (REIS *et al.*, 2007). Nesta, espécies promotoras favorecem o estabelecimento de outras espécies e, desta forma, aceleram o processo de sucessão. Bechara *et al.* (2007) mostraram resultados satisfatórios em uma área de restinga em Santa Catarina onde foram implantadas as técnicas de nucleação.

A presença de gramíneas exóticas dificulta o processo de regeneração natural, bem como interfere em plantios de espécies de interesse agrícola e plantios de restauração (KISSMANN; GROTH, 1997; PETENON; PIVELLO, 2008).

Mais especificamente, espécies do gênero *Brachiaria* (Trin.) Griseb. em razão de sua extensa utilização no Brasil, tem prejudicado sobremaneira os plantios promovendo competição ou até mesmo inibição do desenvolvimento.

O gênero *Brachiaria* é formado por plantas herbáceas, perenes ou anuais, eretas ou decumbentes (BRITO; RODELLA, 2002). Inclui cerca de 100 espécies que ocorrem nas regiões tropicais e subtropicais dos hemisférios norte e sul, porém, o local de origem das principais espécies de valor agrônomo é a África oriental (VALLE *et al.*, 2008). A adaptação das braquiárias, como popularmente são conhecidas, é muito ampla, ocorrendo comumente em vegetação de savana, mas também abrangem várzeas inundáveis, margens de florestas e até regiões semidesérticas.

As espécies *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *B. mutica* e *B. ruziziensis* são as mais utilizadas como plantas forrageiras (VALLE *et al.*, 2008).

A presença dessas gramíneas em plantios florestais e agrícolas promove intensa competição e resulta em aumentos nos custos de produção, pois é necessário o controle dessas plantas infestantes (LORENZI, 1982). Acrescenta o autor que essas plantas apresentam mecanismos que permitem maior sobrevivência mediante adversidades, tais como grande produção de sementes e mecanismos

eficientes de dispersão e longevidade das sementes. Além disso, algumas espécies do gênero *Brachiaria* possuem atividade alelopática, inibitória da germinação de sementes e desenvolvimento de plantas (SOUZA FILHO *et.al.*, 2005).

As gramíneas também apresentam vantagens fotossintéticas, pois apresentam mudanças fisiológicas que permitem um sistema complementar de fotossíntese. Estes mecanismos promovem um aumento dez vezes maior na concentração de CO<sub>2</sub> e possibilita redução de perda de água pelos estômatos em comparação com outras plantas (RICKLEFS, 2003). Por esses motivos, em relação às plantas C3, as plantas C4 apresentam altas taxas de fotossíntese e produzem muito mais biomassa por unidade de tempo e área (MARENCO; LOPES, 2005).

Os plantios de restauração com espécies nativas, especificamente, são ainda mais afetados pela presença de gramíneas exóticas. Isso porque espécies exóticas em geral são melhores competidoras, pois não têm inimigos naturais, apresentam maior adaptação aos solos de baixa fertilidade, rápida dispersão, alta taxa de crescimento, grande produção de sementes pequenas e de fácil dispersão, maturação precoce das plantas já estabelecidas, floração e frutificação mais prolongadas e alto potencial reprodutivo por brotação (VALLE *et al.*, 2008; SANTANA; ENCINAS, 2008).

## LITERATURA CITADA (Parte Inicial)

AUMOND, J. J. Geologia e paleoambientes. In: AUMOND, J. J *et al.* (Org.). **Bacia do Itajaí: aspectos físicos e biológicos**. Blumenau: Edifurb. No prelo.

AUMOND, J. J.; SCHEIBE, L. F. Aspectos geológicos e geomorfológicos. **Dynamis**, v. 2, n. 8, p. 117-123, 1994.

AUMOND, J. J. SEVEGNANI, L.; TACHINI, M.; BACCA, L. E. Condições naturais que tornaram o Vale do Itajaí sujeito aos desastres. In: FRANK, B.; SEVEGNANI, L.; TOMASELLI, C. C. **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. 191 p.

BECHARA, F.C. CAMPOS-FILHO, E. M.; BARRETTO, K. D.; GABRIEL, V. A.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 9-11, 2007.

BELLOTO, A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Restauração fundamentada no plantio de árvores, sem critérios ecológicos para a escolha e combinação de espécies. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALIO, P. H. S.; ISERNHAGEN, I (Org.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 3. Florianópolis : Ed. da UFSC, 2003.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000**. Brasília: DNPM, 1984.

BRITO. C. J. F. A.; RODELLA, R. A. Caracterização morfo-anatômica da folha e do caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae). **Revista Brasil. Bot.**, v. 25, n.2, p. 221-228, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188p.

CURCIO, G. R. Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitossociologia nas Planícies Fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**. (UFPR), Curitiba, v. 37, p. 125-147, 2007.

CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; SEVEGANANI, L. **A geopedologia e sua influência sobre espécies arbóreas de florestas fluviais**. Colombo,PR: Embrapa Florestas, 2006.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y. *et al.* **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008.

ISERNHAGEN, I. BRANCALIO, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Abandono da cópia de um modelo de floresta madura e foco na restauração dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução de uma floresta. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALIO, P. H. S.; ISERNHAGEN, I (Org.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. São Paulo: Nova Odessa, 1982.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**. Viçosa, MG: UFV, 2005.

NOVO, E. M. L. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318 p.

PELUSO JR, V. A. O relevo do território catarinense. **Geosul**. v. 2, p. 7-78, 1986.

PETENON, D. P.; PIVELLO, V. R. Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial. **Natureza & Conservação**, v. 6, n.1, p. 65-77, 2008.

POZZOBON, M.; CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; GALVÃO, F.; ZIMMER, E. Restauração de planícies do rio Itajaí-Açú, SC: sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas por tipo de solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 171-189, 2010.

POZZOBON, M. **Restauração de planícies do rio Itajaí-açu – SC: avaliação de sobrevivência e de crescimento de espécies arbóreas nativas por tipo de solo**. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesq. Flor. bras.**, Colombo, n. 55, p. 67-73, 2007.

RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R. P.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Processos fluviais e lacustres e seus registros. In: TEIXEIRA, W. *et al.* (Org.). **Decifrando a terra**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.



RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**: um livro-texto em ecologia básica. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503 p.

RIZZARDI, M. A. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, 2001.

RODRIGUES, R. R. *et al.* On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1242-1251, 2009.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. Levantamento das espécies exóticas arbóreas e seu impacto nas espécies nativas em áreas adjacentes a depósitos de resíduos domiciliares. **Biotemas**, v.21, n. 4, p. 29-38, 2008.

SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. (Org). **A Mata Atlântica e você**: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira. Brasília: APREMAVI, 2002. 156 p.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n.1, p. 25-32, 2005.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Ed. da UFPR, 1979. 183 p.

TRES, D. R.; REIS, A. Nucleação como proposta sistêmica para a restauração da conectividade da paisagem. In: \_\_\_\_\_. **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental**: do pontual ao contexto. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2009.

VALLE, C. B.; SIMIONE, C.; RESENDE, R. M. S.; JANK, L. Melhoramento genético de *Bachiaria*. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; JANK, L. **Melhoramento de forrageiras tropicais**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2008.

### 3 CAPÍTULO 1

## RESTAURAÇÃO DE FLORESTA FLUVIAL: DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS

**RESUMO** - O presente trabalho avaliou as diferenças na sobrevivência e no desenvolvimento de nove espécies arbóreas nativas implantadas entre áreas com Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico, relacionando variações nos níveis de saturação hídrica dos solos, inundações e competição com gramíneas exóticas. As espécies apresentaram maiores percentuais de sobrevivência sobre Cambissolo. Em contrapartida, as plantadas sobre Neossolo apresentaram incremento em diâmetro e altura superiores. A maior mortalidade observada nos indivíduos sobre Neossolo foi possivelmente provocada por períodos prolongados de inundação aos quais as espécies foram submetidas. Em Cambissolo os indivíduos tiveram desenvolvimento limitado pela baixa saturação por bases do solo e competição com a gramínea *Brachiaria humidicola*. O modelo de plantio, bem como as espécies utilizadas não foram eficientes para restaurar a área do Cambissolo. Em Neossolo, as espécies recomendadas para uso em plantios de restauração de áreas degradadas, com pulsos de inundação controlados são *Schinus terebinthifolius*, *Alchornea glandulosa*, *Inga marginata* e *Cytherexylum myrianthum*.

Termos para indexação: Restauração ecológica, florestas fluviais, inundações.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Ambientes fluviais são formações florestais que ocupam as superfícies marginais dos corpos hídricos e que variam na sua florística de acordo com a dinâmica interativa entre o ecossistema aquático e terrestre (IBGE, 1992; RODRIGUES; GALDOLFI, 2009).

As florestas fluviais exercem funções de grande importância para a manutenção e estabilidade dos processos hidrológicos, tais como a proteção das margens de rios, lagos, igarapés e nascentes, prevenção de deslizamentos e assoreamentos, além do controle da infiltração de água da chuva, mantendo assim a capacidade original de escoamento dos leitos (WADT, 2003).

Os canais fluviais podem determinar diferentes condicionamentos para o estabelecimento de florestas que o circundam, desempenhando um papel de grande importância na escultura da superfície terrestre (SUGUIO; BIGARELLA, 1979). O rio, portanto, representa um vetor que influi na composição das comunidades florestais.

As áreas de planície são influenciadas pelas inundações e pelas variações do lençol freático que, juntamente com as características pedológicas, condicionam os regimes hídricos do solo em saturados, semi-saturados e não saturados (CURCIO *et al.*, 2006). Segundo estes autores, as espécies se estabelecem de acordo com o regime hídrico do solo e se enquadram em grupos hidrofuncionais: hidrófilas, higrófilas e mesófilas, correspondendo a espécies adaptadas, respectivamente, aos solos hidromórficos, semi-hidromórficos e não-hidromórficos.

As variações estruturais e florísticas de florestas fluviais são, portanto, resultado da interação da geologia, do traçado dos rios, topografia local, tipos de solo e níveis de saturação, além do regime pluviométrico (CURCIO *et al.*, 2006; LIMA; ZAKIA, 2009).

Os ambientes fluviais foram alterados e mal utilizados nos meios rurais e urbanos associados à inexistência de planejamento prévio, que tenha delimitado áreas que deveriam ser ocupadas para agricultura e urbanização, e áreas que deveriam ser preservadas em função de suas características ambientais ou legais (RODRIGUES; GANDOLFI, 2009).

No estado de Santa Catarina, especificamente, as florestas que recobrem o Vale do Itajaí pertencem ao bioma Mata Atlântica, mais especificamente à unidade fitoecológica Floresta Ombrófila Densa, que são representadas atualmente por

vegetação secundária e poucas manchas significativas (SEVEGNANI, 2002). A ocupação das margens dos rios e o uso inadequado dos solos contribuíram para problemas ambientais, tais como redução da qualidade da água, deslizamentos, enchentes, perda de bens e vidas humanas, entre outros.

A necessidade de restauração de áreas degradadas é, portanto, consequência do uso incorreto da paisagem e do solo, sendo apenas uma tentativa de remediar um dano que, na maioria das vezes, poderia ter sido evitado (RODRIGUES; GANDOLFI, 2009).

No entanto, a velocidade de restauração de florestas depende de fatores como: a existência de remanescentes florestais nos arredores para fornecimento de sementes (SCHAEFER, 2009), existência de dispersores (WUNDERLE-JÚNIOR, 1997; ZIMMERMANN, 1996) e grau de degradação do solo (GONÇALVES *et al.*, 2008). Segundo Schaefer (2009), esses fatores determinam a trajetória de um ecossistema no futuro, e são muito menores ou inexistente em áreas urbanas e degradadas, o que facilita o estabelecimento de espécies exóticas competidoras.

Desta forma, processos de restauração de áreas degradadas são complexos. Ambientes fluviais, especificamente, apresentam maiores dificuldades em razão de sua dinâmica e oscilação dos níveis de água. Por isso, a utilização de espécies nativas para restaurar esses ambientes deve ser realizada direcionando o plantio das mesmas conforme seu grau de adaptabilidade aos diferentes regimes hídricos dos solos, o que resulta em maior eficiência do processo de restauração.

A restauração de áreas degradadas deve levar em consideração as especificidades ambientais como as características próprias de solo, relevo, declividade, saturação hídrica, índices pluviométricos, temperatura. Somente com a compilação destes fatores é possível organizar estratégias de restauração.

Em Santa Catarina, os processos de restauração de ambientes fluviais aplicados têm apresentado resultados insatisfatórios, pois geralmente a geologia, a geomorfologia e a pedologia dos ambientes são desconsideradas no processo. Além disso, há poucos remanescentes florestais, e os existentes encontram-se extremamente degradados, impossibilitando o conhecimento das espécies a serem utilizadas nos projetos de restauração.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças de sobrevivência e desenvolvimento de nove espécies arbóreas nativas plantadas em áreas com Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico, considerando o tempo decorrido

desde sua implantação, o regime hídrico dos solos, as inundações e a competição com gramíneas.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de Estudo

As pesquisas foram conduzidas na bacia do rio Itajaí-açu, no município de Apiúna, em Santa Catarina. A região caracteriza-se por possuir clima temperado úmido de verão quente (Cfa) (GAPLAN, 1986), com temperatura média anual de 22° C e média de precipitação de 1500 mm (BRASIL, 1984).

Foram avaliadas duas Unidades de Pesquisa, implantadas por Pozzobon *et al.* (2010) em 2006. A primeira sobre Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico – RY, a segunda em Cambissolo Flúvico Tb Distrófico gleissólico – CY (Tabela 1). As áreas sobre Neossolo Flúvico (27° 01'48,1" S e 49°23'20,2" W) e Cambissolo Flúvico (26°59'03,05" S e 49°22'41,4" W) localizam-se na margem direita do rio Itajaí-açu, com a segunda distando da primeira em cerca de 7.200 m pelo traçado do rio (Mapa 1), ambas em altitude próxima de 60 m s.n.m.

MAPA 1 – Localização das duas áreas de estudo.

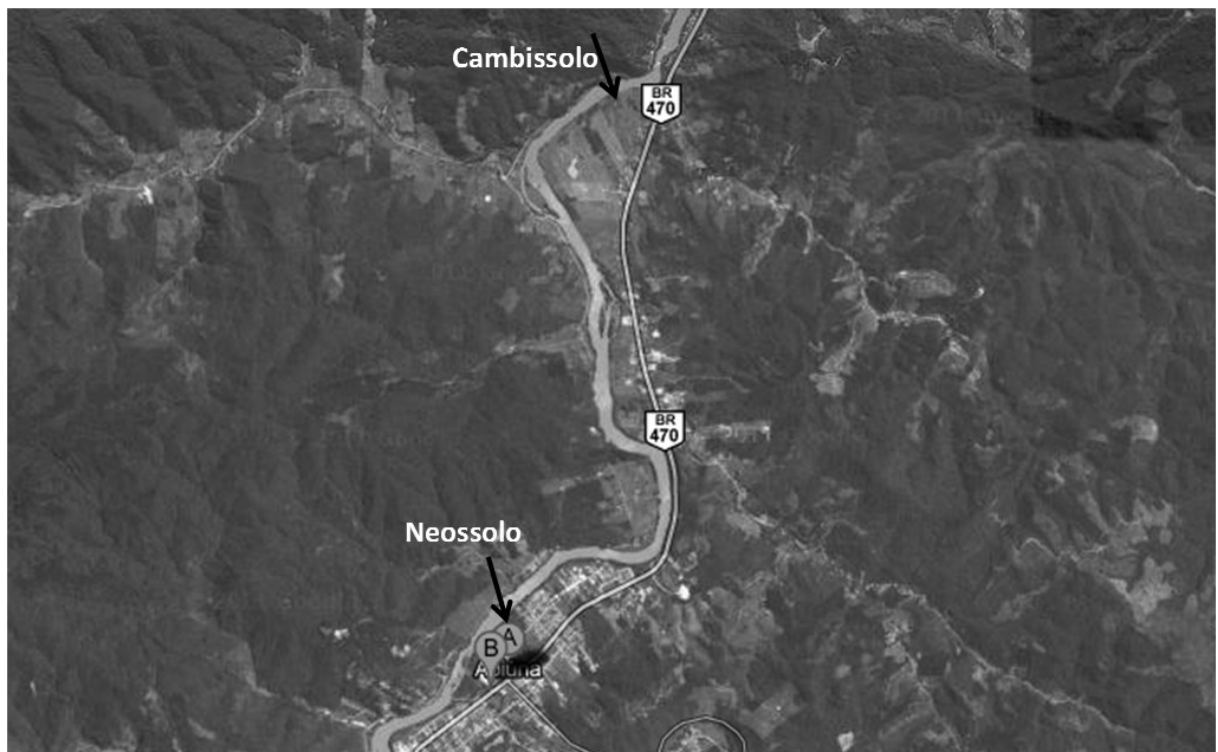


Tabela 1 – Composição granulométrica e valores S (soma de bases extraíveis), T (atividade da fração argila), V% (saturação por bases trocáveis) e m% (saturação por Alumínio trocável) dos solos das áreas experimentais (POZZOBON *et al.*, 2010).

| Horizonte   | Composição Granulométrica (%) |                 |               |       |        | pH                   | C    | Valor                                    |      |     |    |
|---|-------------------------------|-----------------|---------------|-------|--------|----------------------|------|--|------|-----|----|
| Simb.   | Prof.<br>(cm)                 | Areia<br>grossa | Areia<br>fina | Silte | Argila | (CaCl <sub>2</sub> ) | g/Kg | S<br>cmol <sub>c</sub> /Kg <sup>-1</sup> | T    | V % | m% |
| Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico - RY    |                               |                 |               |       |        |                      |      |  |      |     |    |
| Ap  | 0-21                          | 9               | 37            | 36    | 18     | 4,85                 | 4,31 | 6,15                                     | 9,84 | 63  | 2  |
| Cg <sub>1</sub>                                   | 21-36                         | 29              | 36            | 25    | 10     | 4,57                 | 2,49 | 5,6                                      | 9,57 | 59  | 3  |
| Cg <sub>2</sub>                                   | 36-61                         | 16              | 42            | 24    | 18     | 4,13                 | 2,84 | 3,37                                     | 9,58 | 35  | 14 |
| Cg <sub>3</sub>                                   | 61-79                         | 56              | 29            | 10    | 6      | 4,26                 | 1,37 | 2,13                                     | 4,87 | 44  | 14 |
| Cg <sub>4</sub>                                   | 79-98                         | 56              | 22            | 14    | 8      | 4,29                 | 0,14 | 1,99                                     | 6,27 | 32  | 16 |
| Cambissolo Flúvico Tb Distrófico gleissólico - CY |                               |                 |               |       |        |                      |      |  |      |     |    |
| Ap  | 0-24                          | 33              | 38            | 19    | 10     | 4,21                 | 3,05 | 1,25                                     | 5,86 | 21  | 21 |
| Bi <sub>1</sub>                                   | 24-59                         | 40              | 33            | 15    | 12     | 4,26                 | 0,39 | 0,98                                     | 6,13 | 16  | 30 |
| Bi <sub>2</sub>                                   | 59-91                         | 48              | 25            | 13    | 14     | 4,33                 | 0,32 | 1,10                                     | 6,65 | 17  | 37 |
| Bi <sub>3</sub>                                   | 91-103                        | 42              | 32            | 10    | 16     | 4,42                 | 1,26 | 0,89                                     | 9,25 | 10  | 29 |
| Bq <sub>1</sub>                                   | 103-140                       | 19              | 44            | 25    | 12     | 4,00                 | 0,00 | 0,73                                     | 5,17 | 14  | 29 |

De acordo com Curcio *et al.* (2006), as áreas de estudo estão inserida no terceiro compartimento, pertencente ao grupo Itajaí, formação Campo Alegre. Conforme os autores citados, em todo o compartimento há intensa erosão, decorrentes de ausência quase total de vegetação natural.

Antes do plantio das mudas, no ano de 2006, as duas áreas eram inicialmente ocupadas por gramíneas exóticas, com predominância de *B. humidicola* (POZZOBON *et al.*, 2010), sendo que a área do Neossolo Flúvico localiza-se em ambiente urbano e a área do Cambissolo Flúvico ladeando cultivos de arroz.

Na área do Neossolo Flúvico, localizada em ambiente urbano, observam-se depósitos laterais arenosos ou mesmo formação de ilhas fluviais detríticas psamo-pelíticas em padrão de leito sinuoso/encaixado. A feição geomórfica é definida como barra de meandro atual, em superfície de agradação, com distância aproximada de 2,0 m do rio e a 3,10 m de altura em relação ao nível médio do mesmo. A área do Cambissolo Flúvicos, situada em meio a plantios de arroz, é um reverso de dique marginal, acentuadamente alçado, com cerca de 10 m de altura em relação ao rio e distando cerca de 90 m do mesmo, por isso livre de cheias de baixa e média magnitude (POZZOBON *et al.*, 2010).

### 3.2.2 Procedimento Metodológico

#### 3.2.2.1 Modelo de Plantio

Para os plantios nas duas áreas, foram selecionadas nove espécies de acordo com o levantamento realizado por Curcio *et al.* (2006) e com a disponibilidade de sementes: *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., *Inga marginata* Willd, *Annona sericea* R.E. Fries, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Annona cacans* Warm., *Cytharexylum myrianthum* Cham., *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult. e *Cupania vernalis* Cambess.

Para as duas condições foram implantados três tratamentos, com os seguintes espaçamentos de plantio entre os indivíduos: 1 m x 1 m, 1 m x 1,5 m e 1 m x 2 m. O primeiro tratamento foi formado por 20 repetições (indivíduos), e o dois últimos por 15 repetições cada (Figura 1). Foram utilizados 50 indivíduos (mudas) por espécie, totalizando 450 indivíduos.

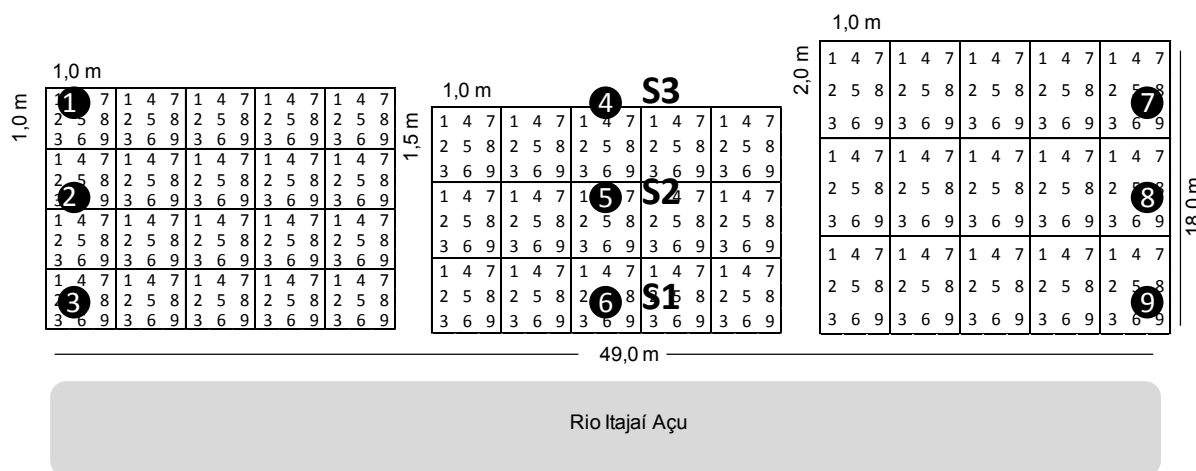


FIGURA 1 - Modelos de plantio das unidades de espaçamento, onde, 1= *Schinus terebinthifolius*, 2= *Alchornea glandulosa*, 3= *Inga. marginata*, 4= *Annona sericea*, 5= *Cabralea canjerana*, 6= *Annona cacans* 7= *Cytharexylum myrianthum*, 8= *Posoqueria latifolia* e 9= *Cupania vernalis*. Círculos representam o posicionamento dos poços hídricos.

#### 3.2.2.2 Poços hídricos

Para avaliar as flutuações em altura do lençol freático, foram instalados nove poços hídricos, correspondendo a uma densidade aproximada de um poço/100m<sup>2</sup>. Estes nove poços hídricos foram distribuídos em três seções paralelas ao rio, denominadas S1, S2 e S3, dispostas de acordo com a figura 1.



Cada seção foi composta de três poços feitos através de trado “holandês”, revestido por um tubo de PVC de 75 mm de diâmetro, com 1,10 m de profundidade, perfurado a cada 10 cm em sentidos opostos para permitir fluxo de água (POZZOBON *et al.*, 2010). A extremidade superior foi fechada com uma tampa para evitar a entrada de resíduos e água durante as cheias.

Verificou-se a profundidade da água subterrânea através de uma régua graduada, medindo-se desde a superfície do solo até a lâmina d'água em intervalos de aproximadamente quinze dias, de setembro de 2007 a janeiro de 2011.

Este acompanhamento do lençol freático permitiu a classificação da hidromorfia da área em cada estação. As seções classificadas como hidromórficas possuíam lençol freático entre 0-50 cm de profundidade; semi-hidromórfica com lençol entre 50-100 cm de profundidade; e não-hidromórfica com lençol com profundidades superiores a 100 cm (CURCIO *et al.*, 2006).

Informações sobre os níveis fluviométricos foram obtidas pelo CEOPS (Centro de Operação do Sistema de Alerta da Bacia do Itajaí), coletadas a cada 12 horas na estação telemétrica situada a cerca de 2 km a montante da área em estudo. Através dos dados de flutuação do canal fluvial, e admitindo que ocorra inundação da área com cota acima de 3,12 m, foram calculados o número de pulsos de inundação, a duração de cada evento, bem como o tempo total de inundação, por trimestre/estação.

### 3.2.2.3 Desenvolvimento das espécies arbóreas

O desenvolvimento das nove espécies arbóreas plantadas foi avaliado por estação climática, ou seja, trimestralmente, e ao longo de cinco anos. Os tempos de coleta de dados foram assim denominados: T0, T1, T2, T3, T4 e T5, correspondendo respectivamente aos anos de 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011. As coletas de dados entre os tempos T0 a T2 foram realizadas por Pozzobon *et al.*, (2010), enquanto aquelas realizadas entre T3 a T5 foram conduzidas através do presente estudo.

O desenvolvimento das nove espécies foi avaliado através dos seguintes dados morfométricos: diâmetro ou circunferência dos caules e altura de cada indivíduo. Os diâmetros foram mensurados com paquímetro, realizando duas medidas perpendiculares na base do caule de cada indivíduo, obtendo-se a média

destas. Para indivíduos com diâmetros superiores a 10 cm, obteve-se a circunferência, utilizando fita métrica.

As medidas de altura foram aferidas através de clinômetro digital (para indivíduos acima de 1,5 m) ou fita métrica (para aqueles com alturas inferiores a 1,5 m). Para a obtenção deste dado considerou-se o comprimento dos indivíduos, desde a superfície do solo até a estrutura vegetativa mais alta.

A sobrevivência final das nove espécies foi expressa em porcentagem, com resultados obtidos na última coleta de dados, em abril de 2011.

#### 3.2.2.4 Biomassa de *B. humidicola* em Cambissolo Flúvico

As coletas foram feitas somente na área do Cambissolo Flúvico, pois somente esta foi afetada pela presença de gramíneas exóticas. Para tanto foram coletadas em campo amostras de biomassa *B. humidicola*, uma única vez, no mês de novembro de 2010.

Foram coletadas amostras de biomassa da parte aérea e das raízes de *B. humidicola* na área sobre Cambissolo Flúvico, a 4 m de distância do plantio de restauração, evitando assim a influência das espécies florestais plantadas no local.

As amostras de biomassa aérea foram cortadas junto ao solo em seis quadrados de 50 cm x 50 cm, selecionados aleatoriamente, totalizando seis amostras de parte aérea. Em laboratório, as biomassas frescas foram medidas e posteriormente depositadas em estufa a 70° C até atingir peso constante para obtenção da biomassa seca.

As coletas do material radicial foram realizadas nos mesmos seis pontos de coleta citados anteriormente, com a utilização de um cilindro metálico graduado de 40 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. Este foi introduzido no solo, retirando-se três amostras por ponto, nas seguintes profundidades: 0-10, 10-20 e 20-30 cm, considerando-se que as raízes das gramíneas se concentram nesta profundidade (COSTA et al., 2002). As amostras foram, então, armazenadas em sacos plásticos e depositadas sob refrigeração em laboratório até o momento da separação das raízes. Para separar as raízes do sedimento aderido a estas, utilizou-se peneira específica de 0,84 mm (ABNT 20). As raízes foram lavadas em pequenas porções, até que a maior parte do sedimento aderido fosse eliminado. Após este processo, as

amostras foram submetidas a estufa a 70° C até atingir peso constante para obtenção da biomassa seca.

### 3.2.3 Análise de Dados

Para *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa*, *C. myrianthum* foram realizadas as análises descritas a seguir.

Foram relacionados os tempos totais de inundação e o número de indivíduos mortos na área do Neossolo Flúvico, a cada trimestre.

Foram avaliados os incrementos em diâmetro e altura anuais, das duas áreas, utilizando dados de julho de 2006 e dos meses de abril de 2007, 2008 (POZZOBON *et al.*, 2010), 2009, 2010 e 2011.

As médias anuais de altura e diâmetro das duas áreas foram relacionadas com o tempo e nestas aplicou-se análise de variância (ANOVA *para Medidas Repetidas*, n. s. 5%) com a finalidade de verificar se as diferenças de altura e diâmetro foram significativas entre os espaçamentos, entre as espécies, ao longo do tempo bem como correlacionando os espaçamentos e as espécies com o tempo.

Nos dados de diâmetro e altura média final das duas áreas aplicou-se análise de variância (ANOVA, n. s. 5%) com a finalidade de avaliar se as diferenças de incremento entre as espécies e entre os espaçamentos foram significativas. Para a separação das médias foi aplicado o teste de Tukey. O mesmo foi feito para comparar os incrementos entre as duas áreas.

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Saturação hídrica dos solos

Em relação aos regimes de saturação hídrica dos solos, a área do Cambissolo Flúvico esteve livre de inundações e não apresentou hidromorfia em todo o período avaliado. Contrariamente, na área do Neossolo Flúvico as três seções estiveram na maior parte do tempo em regime saturado o que, concomitantemente, às cores acinzentadas, explica e justifica plenamente o caráter gleissólico adotada em quarto nível na classificação do solo (Tabelas 1 e 2).

TABELA 2 - Percentual médio de permanência das classes de saturação hídrica dos solos nas seções 1, 2 e 3 no período de 2007 a 2011, na área do Neossolo Flúvico.

| <b>Profundidade do lençol</b> | <b>Seção 1</b> | <b>Seção 2</b> | <b>Seção 3</b> |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 - 50 cm                     | 78,4%          | 65,8%          | 40,1%          |
| 50 - 100 cm                   | 8,1%           | 11,7%          | 32,4%          |
| > 100 cm                      | 13,5%          | 22,5%          | 27,5%          |

Na área do Neossolo Flúvico o verão de 2007/2008, outono e inverno de 2008, outono de 2009 e inverno, primavera e verão de 2010 apresentaram os maiores índices de hidromorfia nas três seções (Tabela 3).

As maiores frequências de inundação aconteceram na primavera de 2008 e verão de 2011, com sete eventos (Tabela 4). O maior tempo de inundação foi identificado em um dos pulsos da primavera de 2009, onde a área permaneceu inundada por 19 dias consecutivos.

TABELA 3 - Porcentagem dos níveis de saturação hídrica alcançado em Neossolo Flúvico nas seções 1, 2 e 3, no período de 2007 a 2011.

| Estação      | Seção 1 |      |     | Seção 2 |      |      | Seção 3 |      |      |
|--------------|---------|------|-----|---------|------|------|---------|------|------|
|              | Hidro.  | Semi | Não | Hidro.  | Semi | Não  | Hidro.  | Semi | Não  |
| Primavera 07 | 50%     | 17%  | 33% | 50%     | 50%  | 0%   | 17%     | 17%  | 67%  |
| Verão 07-08  | 89%     | 11%  | 0%  | 89%     | 11%  | 0%   | 67%     | 22%  | 11%  |
| Outono 08    | 100%    | 0%   | 0%  | 100%    | 0%   | 0%   | 72%     | 28%  | 0%   |
| Inverno 08   | 100%    | 0%   | 0%  | 100%    | 0%   | 0%   | 78%     | 22%  | 0%   |
| Primavera 08 | 53%     | 7%   | 40% | 47%     | 13%  | 40%  | 13%     | 27%  | 60%  |
| Verão 08-09  | 67%     | 33%  | 0%  | 0%      | 0%   | 100% | 0%      | 0%   | 100% |
| Outono 09    | 100%    | 0%   | 0%  | 67%     | 33%  | 0%   | 28%     | 72%  | 0%   |
| Inverno 09   | 67%     | 0%   | 33% | 61%     | 6%   | 33%  | 11%     | 56%  | 33%  |
| Primavera 09 | 28%     | 6%   | 67% | 17%     | 0%   | 83%  | 6%      | 11%  | 83%  |
| Verão 09-10  | 67%     | 33%  | 0%  | 50%     | 33%  | 17%  | 28%     | 56%  | 17%  |
| Outono 10    | 72%     | 6%   | 22% | 67%     | 6%   | 28%  | 39%     | 33%  | 28%  |
| Inverno 10   | 94%     | 6%   | 0%  | 89%     | 11%  | 0%   | 67%     | 22%  | 11%  |
| Primavera 10 | 100%    | 0%   | 0%  | 94%     | 6%   | 0%   | 67%     | 33%  | 0%   |
| Verão 10-11  | 100%    | 0%   | 0%  | 67%     | 33%  | 0%   | 50%     | 50%  | 0%   |

TABELA 4 - Frequência de inundação do rio, tempo de cada pulso em dias consecutivos e tempo total de inundação para cada estação, no período de 2006 a 2011, na área do Neossolo Flúvico.

| Ano  | Estação   | Frequência de inundação | Tempo inundação (dias) por pulso |         |         |         |         |         |         | Tempo total de inundação |
|------|-----------|-------------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|
|      |           |                         | Pulso 1                          | Pulso 2 | Pulso 3 | Pulso 4 | Pulso 5 | Pulso 6 | Pulso 7 |                          |
| 2006 | verão     | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
|      | outono    | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
|      | inverno   | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
|      | primavera | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
| 2007 | verão     | 1                       | 1                                |         |         |         |         |         |         | 1                        |
|      | outono    | 2                       | 3                                | 5       |         |         |         |         |         | 8                        |
|      | inverno   | 2                       | 3                                | 2       |         |         |         |         |         | 5                        |
|      | primavera | 3                       | 2                                | 3       | 5       |         |         |         |         | 10                       |
| 2008 | verão     | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
|      | outono    | 1                       | 2                                |         |         |         |         |         |         | 2                        |
|      | inverno   | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
|      | primavera | 7                       | 3                                | 4       | 19      | 1       | 5,5     | 2,5     | 1       | 36                       |
| 2009 | verão     | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
|      | outono    | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
|      | inverno   | 4                       | 2                                | 2       | 7       | 2       |         |         |         | 13                       |
|      | primavera | 3                       | 9                                | 13      | 7       |         |         |         |         | 29                       |
| 2010 | verão     | 2                       | 1                                | 4       |         |         |         |         |         | 5                        |
|      | outono    | 5                       | 1                                | 3       | 13,5    | 8,5     | 5,5     |         |         | 31,5                     |
|      | inverno   | 4                       | 1                                | 1,5     | 1,5     | 3       |         |         |         | 7                        |
|      | primavera | 0                       |                                  |         |         |         |         |         |         | 0                        |
| 2011 | verão     | 7                       | 2,5                              | 2       | 13,5    | 12,5    | 1,5     | 3       | 3,5     | 38,5                     |

Frequência = n° de pulsos

O tempo total de inundação foi relacionado com o número de indivíduos mortos ao longo das estações, mostrando três picos de alta permanência de inundação: primaveras de 2008 e 2009, primavera e outono de 2010 e verão de 2011 (Tabela 5). Observou-se alta mortalidade após o evento de 2008 em *Inga marginata*. Além disso, *Alchornea glandulosa*, *Cytharexylum myrianthum* apresentaram maior número de mortos no verão de 2011.

TABELA 5 - Relação entre tempo médio de inundação e número de indivíduos mortos na área do Neossolo Flúvico por estação do ano, no período de 2006 a 2011.

| Ano                             | 2006 |   | 2007 |   |   |    | 2008 |   |   |    | 2009 |   |    |    | 2010 |    |   |   | 2011 |
|---------------------------------|------|---|------|---|---|----|------|---|---|----|------|---|----|----|------|----|---|---|------|
| Estação                         | I    | P | V    | O | I | P  | V    | O | I | P  | V    | O | I  | P  | V    | O  | I | P | V    |
| Tempo Inundação (dias)          | 0    | 0 | 1    | 8 | 5 | 10 | 0    | 2 | 0 | 36 | 0    | 0 | 13 | 29 | 5    | 32 | 7 | 0 | 38,5 |
| Nº indivíduos mortos            |      |   |      |   |   |    |      |   |   |    |      |   |    |    |      |    |   |   |      |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 4    | 0 | 0    | 0 | 0 | 0  | 1    | 0 | 0 | 0  | 0    | 2 | 0  | 0  | 0    | 1  | 0 | 0 | 0    |
| <i>Inga marginata</i>           | 2    | 0 | 0    | 0 | 0 | 0  | 0    | 0 | 0 | 0  | 16   | 5 | 0  | 0  | 3    | 1  | 0 | 0 | 3    |
| <i>Alchornea glandulosa</i>     | 6    | 0 | 0    | 0 | 1 | 0  | 0    | 0 | 0 | 1  | 0    | 1 | 0  | 0  | 0    | 0  | 0 | 2 | 14   |
| <i>Cytharexylum myrianthum</i>  | 1    | 0 | 0    | 0 | 0 | 0  | 0    | 0 | 0 | 0  | 2    | 1 | 0  | 0  | 0    | 0  | 1 | 7 | 11   |

I=inverno; P=primavera; V= verão; O=outono.

T0= 2006, T1= 2007, T2= 2008, T3= 2009, T4= 2010 e T5=2011.

### 3.3.2 Sobrevivência das espécies arbóreas

As espécies que apresentaram maiores índices de sobrevivência nas duas áreas de estudo foram *Schinus terebinthifolius*, *Inga marginata*, *Alchornea glandulosa*, *Cytharexylum myrianthum*, com porcentagens acima de 40% em pelo menos um dos espaçamentos, com destaque para a primeira com valores superiores a 70% nos três espaçamentos (Figura 2 e 3).

Contrariamente, nas duas áreas *Annona sericea*, *Annona cacans*, *Posoqueria latifolia*, *Cupania vernalis* e *Cabralea canjerana*, apresentaram os menores percentuais de sobrevivência, com maiores percentuais na área do Cambissolo. *C. canjerana* teve mortalidade de todos os indivíduos implantados em Neossolo Flúvico (Figura 2).

Analisando-se a sobrevivência das quatro espécies por trimestre em Neossolo Flúvico (Tabela 5), observa-se perda de cerca de 40% dos indivíduos de *C. myrianthum* e *A. glandulosa* a partir de 2011 e *I. marginata* em 2009. A espécie *S. terebinthifolius* manteve os percentuais de sobrevivência até o final do período avaliado.

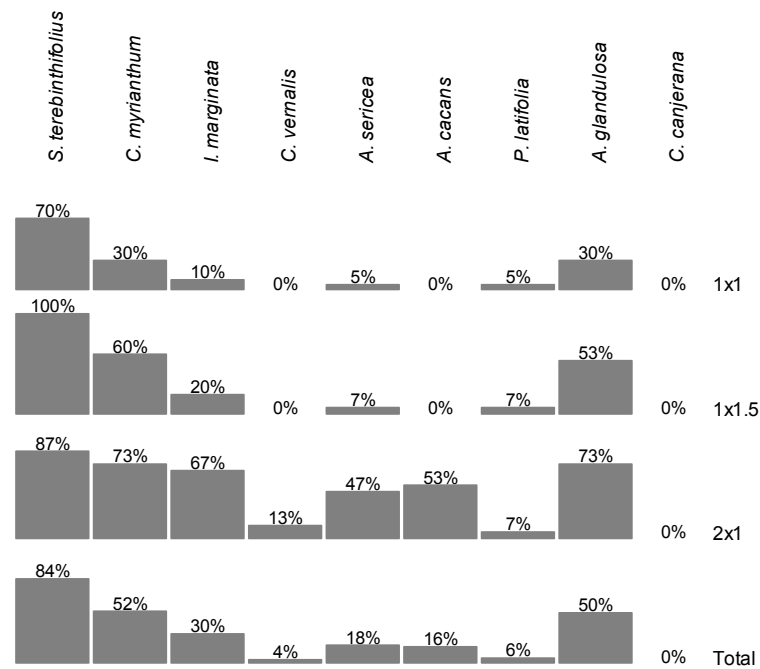


FIGURA 2 - Sobrevivência em Neossolo Flúvico das espécies plantadas após cinco anos de plantio.

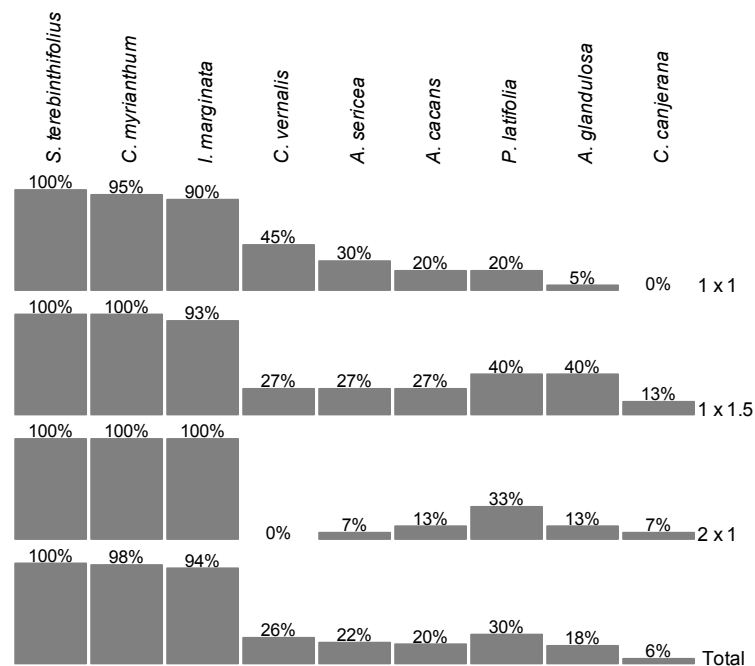


FIGURA 3 - Sobrevivência em Cambissolo Flúvico das espécies plantadas após cinco anos de plantio.

### 3.3.3 Desenvolvimento das espécies arbóreas

Na área do Neossolo Flúvico a espécie que atingiu as maiores alturas em menor tempo foi *C. myrianthum*, seguida de *A. glandulosa*, *I. marginata* e *S.*

*terebinthifolius* (Figura 4). A figura mostra que esta última espécie apresentou pequena redução nos valores em 2010.

Na área do Cambissolo Flúvico, de modo geral, as espécies apresentaram incremento em altura muito inferior, com valores semelhantes entre si (Figura 4).

Avaliando o incremento em altura ao longo do tempo (ANEXO 1), as diferenças de incremento entre as espécies plantadas sobre Neossolo Flúvico foram significativas ( $p < 0,05$ ), e em Cambissolo Flúvico não significativas. Os espaçamentos não interferiram significativamente na altura das espécies em Neossolo Flúvico. Em Cambissolo Flúvico, porém, os espaçamentos se mostraram significativos nas alturas de *S. terebinthifolius* e *C. myrianthum* (ANEXO 1).

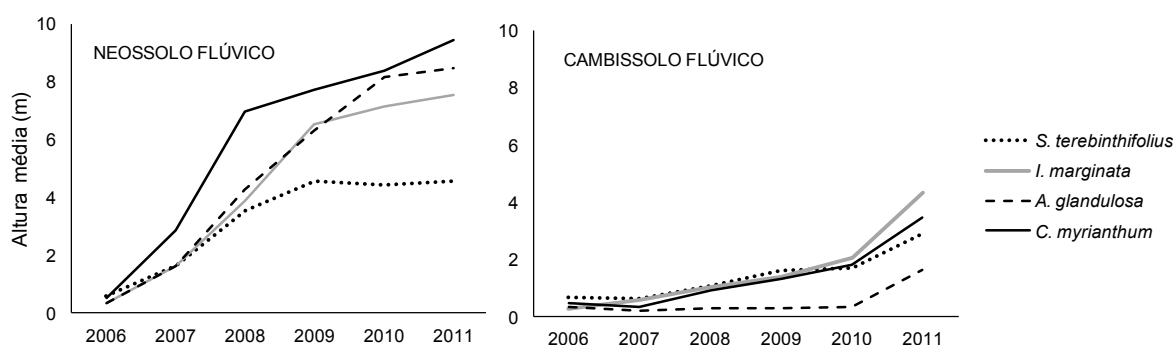


FIGURA 4 - Altura média ao longo do tempo de *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa*, *C. myrianthum* nas duas áreas de estudo.

Analisando as alturas médias finais, na área do Neossolo Flúvico as espécies *S. terebinthifolius* e *C. myrianthum* tiveram suas alturas alteradas pelos espaçamentos, de forma que o espaçamento 2 m x 1 m proporcionou maiores valores (Tabela 6). Também é possível observar na citada tabela que dentro dos espaçamentos 1 m x 1,5 m e 2 m x 1 m as espécies diferiram entre si em altura.

Contrariamente, na área do Cambissolo Flúvico o espaçamento 2 m x 1 m promoveu menor altura média final nas espécie (Tabela 6). As espécies *S. terebinthifolius* e *C. myrianthum* tiveram suas alturas alteradas pelos espaçamentos. Nos espaçamentos 1 m x 1,5 m e 2 m x 1 m as espécies diferiram entre si em altura média final (Tabela 6).



TABELA 6 - Altura por espaçamento de *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa*, *C. myrianthum* nas duas áreas de estudo, após cinco anos de plantio.

| ALTURA MÉDIA FINAL (m)     |         |          |          |
|----------------------------|---------|----------|----------|
| Neossolo Flúvico           |         |          |          |
| Espécie                    | 1x1     | 1x1,5    | 2x1      |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 4,25 Ba | 4,28 Bb  | 5,29 Ac  |
| <i>I. marginata</i>        | 8,45 Aa | 7,76 Aab | 7,28 Abc |
| <i>A. glandulosa</i>       | 6,55 Aa | 8,54 Aa  | 9,50 Aab |
| <i>C. myrianthum</i>       | 5,94 Ba | 8,75 Aba | 11,96 Aa |
| Cambissolo Flúvico         |         |          |          |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 3,34 Aa | 3,29 Aab | 2,03 Bab |
| <i>I. marginata</i>        | 6,23 Aa | 4,06 Aa  | 2,62 Aa  |
| <i>A. glandulosa</i>       | 1,13 Aa | 1,78 Ab  | 1,03 Ab  |
| <i>C. myrianthum</i>       | 4,27 Aa | 3,81 Aa  | 2,16 Bab |

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os espaçamentos, considerando a mesma espécie; letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies em um mesmo espaçamento.

Quanto ao diâmetro médio anual das espécies, na área sobre Neossolo Flúvico o *C. myrianthum* se destacou, seguido de *I. marginata*, *A. glandulosa* e *S. terebinthifolius* (Figura 5).

Em Cambissolo Flúvico os incrementos em diâmetro foram muito similares entre as espécies, com maiores valores para *I. marginata*, seguido de *S. terebinthifolius*, *C. myrianthum* e *A. glandulosa* (Figura 5).

Avaliando o incremento em diâmetro ao longo do tempo as diferenças de incremento entre as espécies plantadas, tanto em Neossolo quanto em Cambissolo foram significativas ( $p < 0,05$ ). Os espaçamentos não interferiram significativamente nos diâmetros das espécies em Neossolo Flúvico, porém, em Cambissolo Flúvico interferiram com significância os diâmetros de *S. terebinthifolius* e *C. myrianthum* (ANEXO 1).

Analisando as figuras 4 e 5 é possível perceber que o desenvolvimento em altura e diâmetro em Neossolo Flúvico apresentou inflexão no crescimento de 2008 a 2009, enquanto no Cambissolo Flúvico há tendência de aumento no crescimento em diâmetro e altura a partir de 2010.

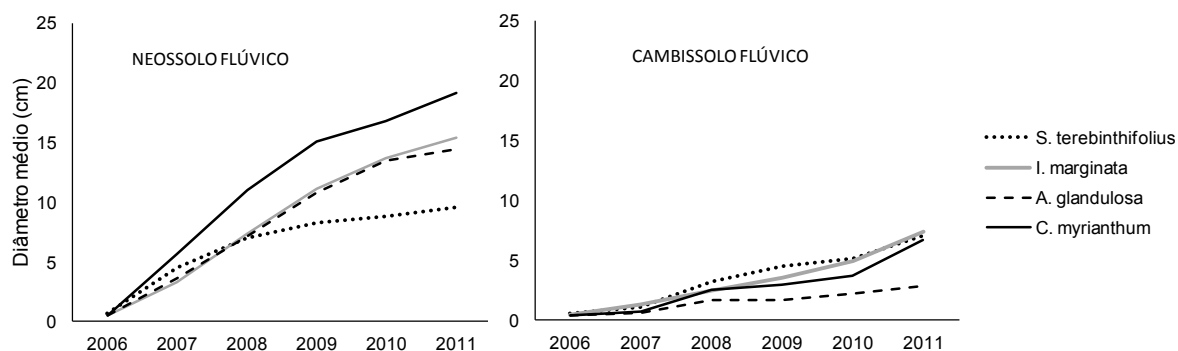


FIGURA 5 - Diâmetro médio de *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa*, *C. myrianthum* ao longo do tempo nas duas áreas de estudo.

Avaliando o diâmetro médio final das espécies em Neossolo Flúvico, os espaçamentos não influenciaram no incremento (Tabela 7). Além disso, no espaçamentos 2 m x 1 m as espécies diferiram entre si em diâmetro.

Em relação à área do Cambissolo Flúvico, verifica-se que *S. terebinthifolius*, *I. marginata* e *C. myrianthum* apresentaram os maiores diâmetros médios finais quando plantadas em espaçamento 1 m x 1 m. As espécies diferiram entre si em diâmetro dentro dos espaçamentos e os espaçamentos também proporcionaram diferentes incrementos (Tabela 7).

TABELA 7 - Diâmetro por espaçamento de *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa*, *C. myrianthum* nas duas áreas de estudo, após cinco anos de plantio.

| DIÂMETRO MÉDIO FINAL       |          |           |          |
|----------------------------|----------|-----------|----------|
| Neossolo Flúvico           |          |           |          |
| Espécie                    | 1x1      | 1x1,5     | 2x1      |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 8,87 Aa  | 11,01 Aa  | 8,83 Aa  |
| <i>I. marginata</i>        | 19,73 Aa | 14,43 Aa  | 14,93 Ab |
| <i>A. glandulosa</i>       | 11,33 Aa | 15,02 Aa  | 15,81 Ab |
| <i>C. myrianthum</i>       | 14,46 Aa | 16,16 Aa  | 24,20 Ac |
| Cambissolo Flúvico         |          |           |          |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 7,85 Aa  | 7,25 Aba  | 5,91 Ba  |
| <i>I. marginata</i>        | 7,53 Aba | 8,37 Aa   | 6,29 Ba  |
| <i>A. glandulosa</i>       | 2,14 Ab  | 3,34 Ab   | 2,07 Aa  |
| <i>C. myrianthum</i>       | 8,28 Aa  | 6,52 ABab | 4,74 Ba  |

Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os espaçamentos, considerando a mesma espécie; letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies em um mesmo espaçamento.

As espécies plantadas em Neossolo Flúvico apresentaram alturas médias finais muito superiores do que aquelas que se encontravam em Cambissolo Flúvico, com valores até oito vezes maiores em *A. glandulosa* (Tabela 8).

Os diâmetros médios finais também foram superiores nos indivíduos plantados em Neossolo Flúvico, com destaque novamente para *A. glandulosa* (Tabela 9).

TABELA 8 – Comparação entre as alturas médias finais de *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa*, *C. myrianthum* em Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico.

| Espécie                    | ALTURA MÉDIA FINAL (m) |                    |
|----------------------------|------------------------|--------------------|
|                            | Neossolo Flúvico       | Cambissolo Flúvico |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 4,58 a                 | 2,93 b             |
| <i>I. marginata</i>        | 7,53 a                 | 4,35 b             |
| <i>A. glandulosa</i>       | 8,49 a                 | 1,66 b             |
| <i>C. myrianthum</i>       | 9,47 a                 | 3,47 b             |

Médias seguidas de letras diferentes horizontalmente diferem entre si ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey.

TABELA 9 – Comparação entre os diâmetros médios finais de *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa*, *C. myrianthum* em Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico.

| Espécie                    | DIÂMETRO MÉDIO FINAL (cm) |                    |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|
|                            | Neossolo Flúvico          | Cambissolo Flúvico |
| <i>S. terebinthifolius</i> | 9,58 a                    | 7,09 b             |
| <i>I. marginata</i>        | 15,47 a                   | 7,38 b             |
| <i>A. glandulosa</i>       | 14,48 a                   | 2,90 b             |
| <i>C. myrianthum</i>       | 19,17 a                   | 6,66 b             |

Médias seguidas de letras diferentes horizontalmente diferem entre si ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey.

### 3.3.4 Influência competitiva de *B. humidicola* em Cambissolo

A coleta de *B. humidicola* na área com Cambissolo Flúvico resultou, em média, em 11,62 ton/ha (Tabela 10).

TABELA 10- Biomassa aérea fresca e seca (ton/ha) de *B. humidicola* por ponto amostral em Cambissolo Flúvico.

| Pontos Amostrais | Biomassa parte aérea de <i>B. humidicola</i> (ton/ha) |       |
|------------------|---|-------|
|                  | Fresca  | Seca  |
| Ponto 1          | 39,28   | 9,69  |
| Ponto 2          | 41,04   | 9,96  |
| Ponto 3          | 40,88   | 13,19 |
| Ponto 4          | 51,28   | 13,62 |
| Ponto 5          | 43,20   | 12,45 |
| Ponto 6          | 39,60   | 10,84 |

A biomassa radicial de *B. humidicola* apresentou maior densidade nos primeiros 10 cm de profundidade, onde os valores foram expressivamente superiores, correspondendo corresponderam a 74%, 73%, 59%, 56,5%, 80,5% e 42% do total de raízes coletado nos pontos 1 a 6 respectivamente (Tabela 11).

TABELA 11 - Biomassa radicial (ton/ha) de *B. humidicola* por ponto amostral em Cambissolo Flúvico.

| Profundidades | Biomassa raízes de <i>B. humidicola</i> ( ton/ha) |         |         |         |         |         |
|---------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
|               | Ponto 1   | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 |
| 0 a 10 cm     | 1,88  | 3,43    | 1,45    | 1,91    | 5,14    | 1,68    |
| 10 a 20 cm    | 0,50  | 0,76    | 0,71    | 1,19    | 0,93    | 1,33    |
| 20 a 30 cm    | 0,16  | 0,52    | 0,29    | 0,28    | 0,32    | 0,94    |
| Total         | 2,54  | 4,71    | 2,46    | 3,38    | 6,39    | 3,95    |

### 3.4 DISCUSSÃO

#### 3.4.1 Saturação hídrica dos solos

A morfologia dos Cambissolos Flúvicos, com matizes cromadas no horizonte Bi reflete a baixa recorrência do lençol freático no perfil, ou seja, denotando a ausência de saturação hídrica na área.

O Neossolo Flúvico foi anteriormente classificado como semi-hidromórfico por Pozzobon *et al.* (2010), que observaram grande variação do nível do lençol freático. Complementarmente, o acompanhamento do local por mais três anos permitiu enquadrar os solos presentes na classe dos hidromórficos em função das recorrentes saturações hídricas (Tabelas 2 e 3).

Ainda que as inundações possam promover a entrada de nutrientes nas áreas inundadas, a frequência e o tempo de permanência destas podem ter alterado processos metabólicos importantes nos vegetais desencadeando mudanças na estrutura e desenvolvimento dos mesmos, promovendo seletividade das espécies. Sendo assim, as plantas podem ter se tornado mais suscetíveis, por exemplo, a ação de patógenos. A tabela 5 permite visualizar que não há morte imediata após as inundações. Ao mesmo tempo, na tabela 4 é possível verificar que a frequência e o tempo total de inundações aumentaram ao longo dos cinco anos analisados.

As inundações, portanto, não afetaram imediatamente as espécies arbóreas plantadas, mas provocaram consequências no desenvolvimento dos indivíduos.

Em solos hidromórficos a água preenche os poros e reduz a difusão de oxigênio no solo (SHULZE *et al.*, 2005). As trocas gasosas em solos mal drenados são, portanto, muito lentas, reduzindo o oxigênio para as raízes das plantas, comprometendo, portanto, seu desenvolvimento.

Então, as plantas quando submetidas a condições de pouco ou nenhum oxigênio podem apresentar inibição da germinação de sementes, mudanças anatômicas e fisiológicas, tais como, redução da atividade metabólica, desequilíbrio hormonal, alteração da fotossíntese e da síntese de carboidratos e minerais (KOSLOWSKI, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2004; SHULZE *et al.*, 2005).

As inundações podem também ter provocado mudanças químicas no solo, como acúmulo de gás carbônico, aumento da solubilidade dos minerais, redução de

Fe e Mn, decomposição anaeróbica de matéria orgânica e formação de compostos tóxicos (KOSLOWSKI, 1997).

Além disso, fungos micorrízicos são raros em ambientes inundados (KOSLOWSKY, 1997). O autor completa que, como são aeróbicos, as inundações reduzem a quantidade desses fungos nas proximidades das raízes e suprimem a formação de novos povoamentos destes. Espécies como *C. myrianthum* (ALVES *et al.*, 2007; PASQUALINI *et al.*, 2007; ZANGARO *et al.*, 2003), e *S. terebinthifolius* (PASQUALINI *et al.*, 2007; ZANGARO *et al.*, 2003) fazem associação com fungos micorrízicos. Os constantes alagamentos na área, portanto, reduziram a promoção desses fungos, prejudicando o desenvolvimento das plantas que dependem deles.

#### 3.4.2 Sobrevivência das espécies arbóreas

A mortalidade de *I. marginata* observada em 2009 na área do Neossolo Flúvico (Tabela 5) pode ser justificada pelas recorrentes inundações da primavera de 2008, onde um dos pulsos apresentou alagamento por 19 dias consecutivos (Tabelas 4 e 5). Da mesma forma, a alta mortalidade de *A. glandulosa* e *C. myrianthum* em 2011 pode ser resultado das fragilidades promovidas pelo aumento na freqüência de inundações dos anos anteriores, especialmente as ocorridas no verão de 2011. Este último período teve o maior tempo de inundação, somando 38,5 dias, com permanência da área inundada por até 13 dias consecutivos (Tabelas 4 e 5).

Os baixos percentuais de sobrevivência nas duas áreas de *A. sericea*, *A. cacans*, *P. latifolia*, *C. vernalis* e *C. canjerana* (Figuras 2 e 3) retratam a ineficiência destas espécies para processos de restauração em ambientes fluviais. O insucesso está relacionado, certamente, ao fato de o Neossolo Flúvico ter estado a maior parte do tempo em regime hidromórfico. Estas espécies foram registradas em áreas com solos hidromórficos ou semi-hidromórficos ao longo do rio Iguaçu, PR (CURCIO *et al.*, 2006) mas não suportaram a constante elevação do lençol, bem como a seqüência de inundações ao qual a área foi submetida. O fato de não serem espécies com elementos de pioneirismo, justifica a mortalidade destas também na área do Cambissolo Flúvico.

Pozzobon *et al.* (2010) descreveu alta mortalidade de *P. latifolia*, *C. vernalis* e *C. canjerana* na área do Neossolo Flúvico. Até aquele momento havia um percentual

de sobrevivência para *A. sericea* e *A. cicans* em torno de 60% de indivíduos. O acompanhamento da área por mais três anos, portanto, permitiu avaliar que estas espécies também não são indicadas para plantios de restauração em Neossolo Flúvico e Cambissolo Flúvico.

De acordo com Carvalho (2003), a espécie *C. canjerana* habita principalmente clareiras em altitudes e apresenta bom desenvolvimento em solos profundos e com boa drenagem, características que podem justificar a mortalidade de todos os indivíduos dessa espécie em solo com saturação hídrica plena. Esta categorização feita pelo autor concorda com Curcio *et al.* (2006) que a classificaram como mesófila, não suportando hidromorfia nos solos.

A espécie *S. terebinthifolius* manteve os percentuais de sobrevivência nas duas áreas e nos três espaçamentos, não sendo prejudicada pelas inundações frequentes na área dos Neossolos, apesar de ser considerada higrófila e mesófila (CURCIO *et al.*, 2006). Este comportamento, de certa forma, se contrapõe aos resultados obtidos em trabalhos realizados em Floresta Ombrófila Mista, onde a espécie habitava solos semi e não-hidromórficos (CURCIO *et al.*, 2007a). Por outro lado, vai ao encontro das assertivas de Carvalho (2003), que descreve que *S. terebinthifolius* suporta inundações e encharcamento. Rogge (1998) também observou que esta espécie não teve seu metabolismo alterado quando submetidas a alagamento. Levantamentos realizados por Curcio *et al.* (2007b) mostraram a presença de *S. terebinthifolius* em barra de meandro atual em Neossolo Flúvico, assim como observado no presente estudo.

As raízes pivotantes de *S. terebinthifolius* são abundantes, com raízes laterais e que podem explorar grandes extensões no solo (SILVA, 2008), características que foram observadas nos indivíduos implantados. Isso pode justificar a sobrevivência da espécie, pois, além das raízes laterais crescerem próximas da superfície do solo e provavelmente permitirem maior captação de oxigênio, a distribuição ampla das mesmas na área pode ter permitido o alcance de áreas com menor hidromorfia dos solos. Essa disposição das raízes pode ter beneficiado a espécie na competição com as raízes das gramíneas na área do Cambissolo Flúvico, o que justifica sua sobrevivência na área.

Em experimentos para avaliação da biomassa realizado pelo grupo de estudo, alguns indivíduos arbóreos foram abatidos de uma área de restauração com as mesmas espécies e sob condições saturação hídrica semelhantes. Na ocasião,

foram coletadas raízes de *I. marginata* e *C. myrianthum* com dois anos de desenvolvimento. Foram observadas raízes secundárias laterais que provavelmente se desenvolveram em função da altura do lençol freático, com deposição de sedimentos aluviais, assim como em função das características das espécies. Em função do excesso de água e dos depósitos de sedimentos, os indivíduos alocaram recursos para o desenvolvimento dessas raízes laterais com o objetivo de alcançar oxigênio, de forma semelhante às raízes adventícias presentes em espécies adaptadas a alagamentos. Este fato pode ter ocorrido com as mesmas espécies na área em estudo.

### 3.4.3 Desenvolvimento das espécies arbóreas

Tratando-se de solos com graus distintos de hidromorfia e níveis de saturação por bases (V%), justificam-se as diferenças entre o grau de desenvolvimento das espécies. Portanto, na área do Neossolo Flúvico, o valor elevado de V% (Tabela 1) somado as deposições de nutrientes de natureza aluvial, conferiram melhores condições de desenvolvimento para as plantas, quando comparadas àquelas desenvolvidas na área do Cambissolo Flúvico, com valor baixo de V% (Tabela 1) e ausência de inundações (Tabelas 8 e 9).

Na área do Neossolo Flúvico, os incrementos em altura (Figura 4 e Tabela 6) e diâmetro (Figura 5 e Tabela 7) apresentaram a mesma tendência observada por Pozzobon *et al.* (2010) com os maiores valores alcançados por *C. myrianthum*, seguido de *A. glandulosa*, *I. marginata* e *S. terebinthifolius*. A inflexão no incremento em altura e diâmetro entre os anos de 2009 e 2010 permite inferir sobre a estruturação dos modelos de vizinhança em possíveis manejos silviculturais. Ou seja, em função do rápido crescimento em altura de *C. myrianthum*, *A. glandulosa* e *I. marginata*, especialmente a primeira, estas podem ser utilizadas para recobrimento inicial de áreas de restauração para posterior plantio de espécies de sombra.

A espécie *S. terebinthifolius* se desenvolveu na área do Neossolo Flúvico em condições de sub luminosidade, formando um segundo estrato arbóreo e com seus indivíduos apresentando angulosidade lateral das copas. Isso pode justificar o decréscimo no incremento em altura desta espécie em 2010. Sabbi *et al.*, (2010) testaram o desenvolvimento de *S. terebinthifolius* em ambiente aberto e fechado, e concluiu que a mesma mostrou grande capacidade adaptativa diante de diferentes



condições de luminosidade, apresentando sucesso tanto em plantios a céu aberto, quanto sob cobertura.

O destaque de *C. myrianthum* dentre as demais em altura e diâmetro nas duas áreas. Isso expressa os elementos de pioneirismo da espécie, a qual é amplamente encontrada em florestas em estágio inicial de regeneração (SCHORN; GALVÃO, 2006), e apontada como espécie focal (QUEIROZ *et al.*, 2004), pois facilita a chegada e estabelecimento de novas espécies, acelerando o processo de regeneração. Ainda que *C. myrianthum* possua resistência a inundações (MORO, 2001; ANDRADE *et al.*, 1999), a hipoxia pode ter prejudicado o desenvolvimento da espécie a partir de 2011, quando ocorreu o maior período de inundação.

Parrota (1995) observou a presença de espécies típicas de floresta secundária dispersas naturalmente em plantios de restauração de quatro anos, dentre elas *S. terebinthifolius* e *Citharexylum fruticosum*. O autor salienta a facilidade que estas espécies têm de colonizarem ambientes em regeneração por apresentarem sementes pequenas e serem dispersas por aves. O tamanho da semente influi na dispersão, pois, quanto menor a semente, maior será a distância de dispersão (WUNDERLE-JÚNIOR, 1997).

Diante disso e do bom desenvolvimento apresentado por *S. terebinthifolius* e *C. myrianthum* no presente estudo, estas espécies podem ser indicadas para restaurar ambientes fluviais. São amplamente levantadas em estudos de regeneração natural em Floresta Ombrófila Densa (SABBI, 2010; POZZOBON *et al.*, 2010; CURCIO *et al.*, 2006, BARBOSA; PIZO, 2006; SCHORN; GALVÃO, 2006), Mista (CURCIO *et al.*, 2007a; CURCIO *et al.*, 2007b).

Em oposição, os indivíduos de *S. terebinthifolius*, *I. marginata*, *A. glandulosa* e *C. myrianthum* plantados na área do Cambissolo Flúvico, mesmo com destaque nos percentuais de sobrevivência, apresentaram pouco incremento em diâmetro e altura em relação aos plantados em Neossolo Flúvico, com valores até seis vezes menores (Figuras 4 e 5; Tabelas 6 e 7). O aumento no incremento das espécies em 2010 coincide com os períodos de maiores índices pluviométricos.

Em Cambissolo Flúvico o maior incremento em altura e diâmetro de *S. terebinthifolius*, *I. marginata* e *C. myrianthum* no espaçamento 1 m x 1 m sugere que a *B. humidicola* teve menor desenvolvimento, permitindo maior crescimento dos indivíduos arbóreos.

A área do Cambissolo Flúvico apresenta boa drenagem, por estar sobre um dique marginal alçado. A gênese dos diques provém de deposição de sedimentos formados próximo ao canal fluvial durante período de inundação, sendo os pontos mais elevados da planície ativa (NOVO, 2008). Naturalmente, os diques são inundados alguns poucos dias por ano e sobre ele normalmente se desenvolvem vegetação abundante, em função do suprimento de nutrientes provindos das inundações e da boa porosidade e permeabilidade (BIGARELA, 2003).

Enfim, a baixa saturação por bases registrada no Cambissolo Flúvico (Tabela 1) e a ausência de saturação hídrica promoveu desde o início da pesquisa o baixo incremento das espécies implantadas para restauração, além, é claro, da competição causada pela *B. humidicola*.

#### 3.4.4 Influência competitiva de *B. humidicola* em Cambissolo Flúvico

De acordo com Pozzobon *et al.* (2010), o local encontrava-se coberto por *B. humidicola* quando a área experimental foi implantada, contudo esta gramínea foi contida por roçadas ao longo de um ano. Após este tempo, as espécies arbóreas sombrearam pouco a área em função do crescimento reduzido, o que permitiu o retorno e ampliação da citada gramínea, que permaneceu na área (Tabelas 10 e 11) até o momento atual. As roçadas, portanto, não eliminaram as raízes da *B. humidicola*, que permaneceu ocupando espaços no solo, conferindo vantagem competitiva para a gramínea. Além disso, possivelmente, se o solo tivesse fornecido boas condições para o desenvolvimento das espécies arbóreas durante o período de contenção das gramíneas, as raízes das arbóreas estariam mais profundas quando as roçadas foram finalizadas e talvez competissem menos com as raízes da *Brachiaria*.

As maiores biomassas de raízes de *B. humidicola* observadas nos primeiros 10 cm dos perfis coletados na área (Tabela 11) foram também observadas por Costa *et al.* (2002) em trabalhos com a mesma espécie. Isso pode promover maior competição quando as espécies arbóreas encontram-se em estágio inicial de desenvolvimento. Isso, porém não foi observado nos vasos, já que estes limitaram o desenvolvimento vertical das raízes. Como estas ficaram limitadas ao tamanho do vaso, cresceram espalhando-se de forma homogênea em densidade maior do que observado em campo. Não é possível, portanto, afirmar que a mato-competição

ocorrida em campo aconteça com o mesmo vigor observado no experimento com vasos.

A presença abundante da gramínea, somada à carência de água e nutrientes do Cambissolo Flúvico (Tabela 1), determinou a materialização de um ambiente de pequena habilitação para as espécies arbóreas apresentarem bom desenvolvimento. As coletas das raízes de *B. humidicola* na área permitiram observar que estas apresentam sistema radical extenso, característica associada com grande habilidade competitiva, pois aumenta o potencial de absorção de água e nutriente.

Em adição, Souza Filho *et al.* (2005) verificaram alelopatia em *B. humidicola*, que promove efeitos inibitórios na germinação de sementes e desenvolvimento de plantas. A ampla distribuição desta gramínea na área e o desenvolvimento limitado das espécies nos permitem supor que a gramínea promoveu interações alelopáticas negativas sobre as espécies arbóreas implantadas, ou seja, estas podem estar condicionadas às plantas preexistentes e às substâncias químicas liberadas no meio. Estes efeitos alelopáticos podem também ter interferido na germinação de sementes que eventualmente se dispersaram até a área, inibindo a regeneração natural.

Então, ao longo dos cinco anos de desenvolvimento das espécies arbóreas na área do Cambissolo Flúvico, além da baixa fertilidade do solo na área, outros fatores podem ser citados como limitantes para o desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas, tais como: competição por espaço, luz, água, nutrientes e interferências alelopáticas da *B. humidicola*.

A fácil dispersão desta gramínea, bem como seu alto grau de desenvolvimento em ambientes inóspitos, realça a importância de controlar a sua utilização, bem como de proteger os ambientes fluviais e as planícies de inundações.

#### 3.4.5 Modelos de plantio em Cambissolo Flúvico e Neossolo Flúvico

O modelo de restauração apresentado na área do Neossolo Flúvico não oportunizou alguns processos importantes, como, por exemplo, a dispersão de espécies colonizadoras por regeneração. Cabe ressaltar também, que, como a área encontra-se em local urbano, a entrada de pessoas pode ter prejudicado o processo

de regeneração. De outra forma, pesquisas sobre deposição e decomposição de serrapilheira nesta mesma área, mostraram que a produção total de serrapilheira observada no local apresentou valores próximos aos obtidos em florestas fluviais nativas (MULLER, 2011). A autora concluiu que *C. myrianthum*, *A. glandulosa*, *I. marginata*, *S. terebinthifolius*, *Salix humboldtiana* são as espécies que colaboram na ciclagem de nutrientes.

Estes fatos somados a alta sobrevivência e ao bom desenvolvimento de *C. myrianthum*, *A. glandulosa*, *I. marginata*, *S. terebinthifolius*, permite a recomendação destas para plantios de restauração de ambientes fluviais em Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico, garantindo a cobertura da área, inibindo o desenvolvimento de gramíneas. Deve ser ressaltado que se eventos de inundações de grande magnitude continuarem ocorrendo com frequência na área, e se, ao longo dos próximos anos, a área permanecer em regime hidromórfico na maior parte do tempo, provavelmente a mortalidade observada em 2011 continuará ocorrendo. Neste caso, seriam indicadas espécies específicas para ambiente de hidromorfia como *Salix humboldtiana*, presente no passado em grande quantidade nas margens do rio Itajaí-açu, bem como outras indicadas por Curcio *et al.* (2006).

Da mesma forma que observado por Pozzobon *et al.* (2010), o modelo de plantio adotado mostrou-se inadequado para a área do Cambissolo Flúvico.

Diante das dificuldades em promover a restauração de ambientes fluviais, bem como os custos de implantação e manutenção, fica claro a importância de conservar esses ambientes ripários, bem como a discussão de leis viáveis e pertinentes que protejam essas áreas.

### 3.5 CONCLUSÕES

As diferenças no alçamento das margens e, portanto, nos níveis de saturação hídrica dos solos e a suscetibilidade à inundações promoveram diferenças de desenvolvimento e sobrevivência das espécies arbóreas plantadas. Em razão de diferenças como estas, torna-se imprescindível a identificação e caracterização dos solos relacionada a parâmetros geomorfológicos precedendo o estabelecimento de plantios de restauração florestal fluvial.

A sobrevivência e desenvolvimento de *S. terebinthifolius*, *C. myrianthum*, *I. marginata* e *A. glandulosa* foram influenciados pelos diferentes tipos de solo. Estas espécies, em especial as duas primeiras, são recomendadas para plantios de restauração de ambientes fluviais com Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico, sem períodos longos de inundações.

Pulsos de inundações em áreas de Neossolo Flúvico promovem aporte de nutrientes, porém, se ocorrerem por períodos longos podem provocar mortalidade das espécies.

Utilizando estas espécies citadas, o espaçamento 2 m x 1 m é o ideal para a área do Neossolo Flúvico, enquanto para o Cambissolo Flúvico os espaçamentos com menor distância promoveram menor invasão de *B. humidicola*.

O modelo de plantio, bem como as espécies utilizadas, não foram eficientes na área do Cambissolo.

A presença de gramíneas exóticas competidoras associadas à baixa fertilidade do solo dificultam o desenvolvimento de espécies arbóreas nativas .

## RIPARIAN FOREST RESTORATION: NATIVE TREE SPECIES DEVELOPMENT

**Abstract** – This study aims to evaluate the survival and development differences of nine native tree species inserted between two soil types, Fluvisoil (RY) and Cambissoil (CY), and relating them with changes in soil hydric saturation, flooding and invasive grasses competition. The species presented higher survival percentage in Cambissoil area. In compensation, the ones inserted on the Fluvisoil presented higher diameter and height. The higher mortality observed in the Fluvisoil area individuals was possibly caused by long flooding which the species was submitted. The species development in Cambissoil was limited due to low soil base saturation and competition with the invasive *Brachiaria humidicola*. The modeling and the species used in Cambissoil was not efficient. Therefore, the recommended species for use in degraded areas restoration in Fluvisoil with controlled flood pulses are *Schinus terebinthifolius*, *Alchornea glandulosa*, *Inga marginata* and *Cytherexylum myrianthum*.

**Index terms:** Ecologic Restoration, Riparian Forest, Flooding.

## LITERATURA CITADA (Capítulo 1)

- ALVES, E.W.; PESCADOR, R.; STURMER, S. L. Germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae) em diferentes substratos. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 741-743, 2007.
- ANDRADE, A. C.; RAMOS, F. N.; SOUZA, A. F.; LOUREIRO, M. B.; BASTOS, R. Flooding effects in seedlings of *Cytherexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. **Revta brasil. Bot.**, São Paulo, v. 22, n. 2 (Suplemento), p. 281-285, 1999.
- BARBOSA, K. C.; PIZO, M. A. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 4, p. 504–515, 2006.
- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000**. Brasília: DNPM, 1984.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa, 2003.
- COSTA, F. PEREYRA, R. O. PACLORNIK, S., RODRIGUES DE ABREU, J. B. Distribuição vertical de características morfológicas do sistema radicial de *Brachiaria humidicola*. **Pasturas Tropicales**, v. 24, n. 3, 2002.
- CURCIO, G. R.; SOUZA, L. P.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L. Recomendação de espécies arbóreas nativas por tipo de solo, para recuperação ambiental nas margens da represa do rio Iraí, Pinhais, PR. **Floresta** (UFPR), Curitiba, PR, v. 37, n. 1, 2007a.
- CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.; DEDECEK, R. A. Floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta** (UFPR), Curitiba, PR, v. 37, n. 2, 2007b.
- CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; SEVEGANANI, L. A geopedologia e sua influência sobre espécies arbóreas de florestas fluviais. Colombo, PR: **Embrapa Florestas**, 2006.
- GAPLAN (GABINETE DO PLANEJAMENTO E COORDENACAO GERAL). **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.
- GONÇALVES, J. L. M; NOGUEIRA, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAYEGAMA, P. Y. *et al.* (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008.
- IBGE – **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

KOSLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**. n. 1, p. 1-29, 1997.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. São Paulo: EDUSP, 2009.

MORO, S. M.; SCHMITT, J.; DIEDRICH, L. A. Estrutura de um fragmento de mata ciliar do rio Cará-Cará, Ponta Grossa, PR. **Biological and Health Sciences**, v. 7, n. 1, 19-38, 2001.

MULLER, M. **Serrapilheira, carbono e nutrientes minerais em área de re-vegetação induzida na planície do rio Itajaí-Açu**. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau, 2011.

NOVO, E. M. L. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318 p.

PASQUALINI, D.; UHLMANN, AL.; STURMER, S. L. Arbuscular mycorrhizal fungal communities influence growth and phosphorus concentration of woody plants species from the Atlantic rain forest in South Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 245, p. 148–155, 2007.

PARROTA, J. A. Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, p. 627-636, 1995.

POZZOBON, M. CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; GALVÃO, F.; ZIMMER, E. Restauração de planícies do rio Itajaí-Açu, SC: sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas por tipo de solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 171-189, 2010.

QUEIROZ, G. M. L. N.; MOCOCHISNKI, A. Y.; CHEUNG, K.C. **Ecologia e conservação da floresta atlântica na Reserva Natural Salto Morato: Será *Citharexylum myrianthum* Cham. uma espécie focal na regeneração natural?** Curitiba: UFPR, 2004. Relatório Disciplina Ecologia de Campo.

RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. Conceitos, tendências, e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. RODRIGUES, R. R. & LEITÃO-FILHO, H. F. São Paulo: EDUSP, 2009.

ROGGE, G. D.; PIMENTA, J. A.; BIANCHINI, E.; MEDRI, M. E.; COLLI, S.; ALVES, L. M. T. Metabolismo respiratório de raízes de espécies arbóreas tropicais submetidas à inundação. **Rev. bras. Bot.** v. 21, n. 2, São Paulo, 1998.

SABBI, L. D. B. C.; ÂNGELO, A. C.; BOERGER, M. R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (*Anacardiaceae*) implantadas em duas áreas com diferentes graus de



sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **IHERINGIA**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SCHAEFER, V. Alien invasion, ecological restoration in cities and the loss of ecological memory. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 2, p. 171-176, 2009.

SCHORN, L. A.; GALVÃO, F. Dinâmica da regeneração natural em três estágios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC. **Floresta** (UFPR), Curitiba, PR, v. 36, n. 1, 2006.

SEVEGNANI, L. Vegetação da Bacia do Itajaí em Santa Catarina. In: SCHÄFFER, W.B. & PROCHNOW, M. (Org). **Mata Atlântica e Você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: APREMAVI, 2002.

SILVA, A. P. **Potencial de uso de *Schinus lentiscifolius* March. e *Schinus terebinthifolius* Raddi na recuperação de área degradadas pela mineração e respostas fisiológicas ao cobre**. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SHULZE, E. D.; BECK, E.; MULLER-HOHENSTEIN, K. **Plant Ecology**. Springer, 2005.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n.1, p. 25-32, 2005.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Ed. da UFPR, 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Artmed, 2004. 719 p.

WADT, P. G. S. (ed.) **Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas**. Rio Branco, AC: Embrapa, 2003.

WUNDERLE-JÚNIOR, J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forestry Ecology and Management**, v. 99, p. 223-235, 1997.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S. M. A.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M. Mycorrhizal response and successional status in 80 woody species from south Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19. p. 315-324, 2003.

ZIMMERMANN, C. E. Observações preliminares sobre a frugivoria por aves em *Alchornea glandulosa* (ENOL. & POEPP.) (Euphorbiaceae) em vegetação secundária. **Rev. bras. Zool.**, v. 13, n. 3, p. 533-538, 1996.

## ANEXO 1

Valores de significância (p) na Anova para Medidas Repetidas.

| NEOSSOLO FLÚVICO    |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
|---------------------|----|----------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------|----|--------|--------|--------|
| Altura              |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
|                     |    | <i>S. terebinthifolius</i> | <i>I. marginata</i> | <i>A. glandulosa</i> | <i>C. myrianthum</i> |             |    | 1x1    | 1x1,5  | 2x1    |
| Espaçamento         |    | 0,1489                     | 0,2980              | 0,2303               | 0,0764               | Espécie     |    | 0,0026 | 0,0000 | 0,0000 |
| Tempo               | P= | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               | Tempo       | P= | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Tempo x espaçamento |    | 0,5737                     | 0,9106              | 0,0027               | 0,0027               | Tempo x sp. |    | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Diâmetro            |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
| Espaçamento         |    | 0,2978                     | 0,1670              | 0,1174               | 0,0814               | Espécie     |    | 0,0098 | 0,0022 | 0,0000 |
| Tempo               | P= | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               | Tempo       | P= | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Tempo x espaçamento |    | 0,0336                     | 0,0300              | 0,2399               | 0,0317               | Tempo x sp. |    | 0,0036 | 0,0000 | 0,0000 |
| CAMBISSOLO FLÚVICO  |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
| Altura              |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
|                     |    | <i>S. terebinthifolius</i> | <i>I. marginata</i> | <i>A. glandulosa</i> | <i>C. myrianthum</i> |             |    | 1x1    | 1x1,5  | 2x1    |
| Espaçamento         |    | 0,0002                     | 0,1357              | 0,6866               | 0,0071               | Espécie     |    | 0,1482 | 0,0620 | 0,0717 |
| Tempo               | P= | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               | Tempo       | P= | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Tempo x espaçamento |    | 0,0000                     | 0,1143              | 0,4227               | 0,0000               | Tempo x sp. |    | 0,0621 | 0,0003 | 0,0000 |
| Diâmetro            |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
| Espaçamento         |    | 0,0083                     | 0,1209              | 0,6207               | 0,0432               | Espécie     |    | 0,0000 | 0,0007 | 0,0075 |
| Tempo               | P= | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               | Tempo       | P= | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Tempo x espaçamento |    | 0,0000                     | 0,2547              | 0,6364               | 0,0047               | Tempo x sp. |    | 0,0000 | 0,0000 | 0,0455 |
| RY x CY             |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
| Altura              |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
|                     |    | <i>S. terebinthifolius</i> | <i>I. marginata</i> | <i>A. glandulosa</i> | <i>C. myrianthum</i> |             |    |        |        |        |
| RY x CY             |    | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               |             |    |        |        |        |
| Tempo               | P= | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               |             |    |        |        |        |
| Tempo x RY x CY     |    | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               |             |    |        |        |        |
| Diâmetro            |    |                            |                     |                      |                      |             |    |        |        |        |
| RY x CY             |    | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               |             |    |        |        |        |
| Tempo               | P= | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               |             |    |        |        |        |
| Tempo x RY x CY     |    | 0,0000                     | 0,0000              | 0,0000               | 0,0000               |             |    |        |        |        |

## 4 CAPÍTULO 2

### INFLUÊNCIA COMPETITIVA DE GRAMÍNEAS EXÓTICAS NO DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS

**RESUMO** – O presente trabalho objetivou avaliar a competição entre a gramínea *Brachiaria humidicola* e mudas das espécies arbóreas nativas, *Alchornea glandulosa* e *Cytherexylum myrianthum* plantadas em casa de vegetação. A presença da gramínea limitou o desenvolvimento das duas espécies arbóreas, sendo que *C. myrianthum* respondeu com maior incremento em relação à ausência da competidora. O incremento e a biomassa de *B. humidicola* nos vasos foram muito superiores quando comparados com as espécies arbóreas. A competição ocorreu principalmente em nível radicial.

**Termos de indexação:** *Brachiaria humidicola*, mato-competição, restauração de florestas fluviais.

## 4.1 INTRODUÇÃO

Ambientes degradados apresentam grandes alterações nas propriedades do solo, na dispersão de esporos e sementes, na composição genética da população, permitindo o estabelecimento de espécies exóticas, capazes de criar novos ecossistemas e comunidades que nunca ocorreram antes (SCHAEFER, 2009).

A invasão biológica é uma ameaça para as biotas nativas, considerada a segunda causa de extinção de espécies no mundo, perdendo apenas para a destruição de habitat pela exploração humana direta (PETENON; PIVELLO, 2008; ZILLER, 2001).

Gramíneas exóticas são consideradas o maior problema mundial em termos de espécies invasoras, pois competem por água, luz, nutrientes, atuam como hospedeiras intermediárias de pragas e patógenos e aumentam riscos de incêndios (TOLEDO *et al.*, 2000, RIZZARDI, *et al.*, 2001).

As gramíneas de origem africana foram introduzidas no Brasil para fins comerciais ou acidentalmente, e espalharam-se em ecossistemas naturais de todo o país (MARTINS *et al.*, 2004).

A espécie *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick, por sua vez, foi introduzida para utilização em pastagem e é uma gramínea muito agressiva, de fácil rebrota, se desenvolve bem em locais úmidos em solos argilosos ou arenosos, resistente a geadas e pragas (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1982; KISSMANN; GROTH, 1997; VILELA, 2005). É uma planta perene, funcional no controle da erosão e resistente ao pastoreio, produzida principalmente de modo vegetativo com formação de novos colmos a partir dos nós dos quais também se formam raízes (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1982).

A presença de gramíneas exóticas proporciona perdas no desenvolvimento de espécies arbóreas nativas. Mais especificamente, espécies do gênero *Brachiaria* (Trin.) Griseb exercem grande competição, pois além das características fisiológicas que as beneficiam, possuem atividade alelopática, inibitória da germinação de sementes e desenvolvimento de plantas (SOUZA FILHO *et al.*, 2005).

Pesquisas acerca de restauração de ambientes fluviais realizadas em Santa Catarina por Pozzobon *et al.* (2010) e neste mesmo volume (Capítulo 1) mostraram influência da gramínea *B. humidicola* no desenvolvimento de espécies arbóreas nativas.

Há muitos trabalhos científicos que avaliam a interferência competitiva de gramíneas exóticas em plantios de reflorestamento com espécies de interesse comercial e agrícola. São deficientes, porém, pesquisas de controle destas competidoras em plantios de restauração ambiental, sobretudo de natureza aluvial, com espécies arbóreas nativas.

O presente trabalho, portanto, visa avaliar a competição entre a gramínea *B. humidicola* e as espécies arbóreas *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl. e *Cytherexylum myrianthum* Cham., plantadas em vasos dispostos em casa de vegetação. Com isso, pretende-se estimar quanto esta exótica influencia no desenvolvimento destas espécies florestais.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Competição entre espécies nativas e *Brachiaria humidicola*

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2010 a março de 2011, em casa de vegetação com 288 m<sup>2</sup> de área coberta com sombreamento de 30%.

Foram utilizados 80 vasos, cada um com capacidade de 4 litros, preenchidos com substrato de textura média coletado em solo situado nas margens do rio Itajaí-açu, no município de Gaspar.

Em 40 destes vasos foram depositadas sementes (média de 5 sementes/cm<sup>2</sup>) de *B. humidicola*. Após 60 dias, quando as gramíneas germinaram e apresentavam altura média de 40 cm, suas partes aéreas foram cortadas com a finalidade de simular a roçada rotineiramente realizada antes do estabelecimento de plantios com espécies arbóreas nativas. Neste momento foram plantadas mudas de *Alchornea glandulosa* e *Cytherexylum myrianthum*, com a seguinte distribuição experimental: 20 mudas de cada espécie em 40 vasos com *B. humidicola*, e mais 20 mudas em 40 vasos sem a gramínea, totalizando 80 mudas.

Uma semana após o plantio foram registrados o diâmetro e altura de cada indivíduo. Após 90 dias, foram obtidos estes mesmos dados morfométricos e realizada a coleta destrutiva de cada uma das 80 plântulas, e segmentadas em parte aérea e raiz. As amostras foram então submetidas a estufa, a 70°C, até atingir peso constante para obtenção da biomassa seca.

Em adição foram coletadas também as partes aéreas e raízes de *B. humidicola* de dois vasos, a fim de comparar com a biomassa das espécies arbóreas.

### 4.2.2 Análises de Dados

As diferenças entre os dados morfométricos das espécies nos dois tratamentos, com e sem *B. humidicola*, foram avaliadas através de análise de variância (ANOVA, n. s. 5%) e empregado o teste T (n. s. 5%) para comparação das médias.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de incremento e biomassa das espécies arbóreas entre os tratamentos com e sem a gramínea (Tabelas 1 a 4).

A presença da gramínea nos vasos alterou o desenvolvimento de *A. glandulosa*, que não apresentou incremento do diâmetro médio e pouco crescimento em altura (Tabela 1). Isso denota efeito significativo das gramíneas sobre as mudas das espécies. Foi observado inclusive que as plântulas submetidas ao tratamento com a gramínea estavam começando a perder suas folhas, indicando possível mortalidade se mantidas naquelas condições.

As mudas de *A. glandulosa* plantadas nos vasos sem a gramínea se desenvolveram em média 0,13 cm em diâmetro e 17,39 cm em altura, mostrando melhor desenvolvimento (Tabela 1).

TABELA 1 – Incremento médio em altura e diâmetro de *A. glandulosa* com e sem *B. humidicola*.

| <i>A. glandulosa</i> | DIÂMETRO MÉDIO (cm) |       | INCREMENTO MÉDIO |
|----------------------|---------------------|-------|------------------|
|                      | Inicial             | Final |                  |
| com gramínea         | 5,26                | 4,06  | 0,00 a           |
| sem gramínea         | 5,61                | 5,74  | 0,13 b           |
|                      | ALTURA MÉDIA (m)    |       | INCREMENTO MÉDIO |
|                      | Inicial             | Final |                  |
| com gramínea         | 34,95               | 37,86 | 2,90 a           |
| sem gramínea         | 31,89               | 49,28 | 17,39 b          |

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey.

A média de biomassa aérea dos indivíduos arbóreos nos vasos livres da gramínea dobrou. Da mesma forma, as biomassas das raízes também foram significativamente superiores neste tratamento (Tabela 2).

TABELA 2 – Biomassa final de *A. glandulosa* com e sem *B. humidicola*.

| <i>A. glandulosa</i> | com gramínea | sem gramínea |
|----------------------|--------------|--------------|
| Biomassa aérea (g)   | 1,73 a       | 3,70 b       |
| Biomassa raiz (g)    | 1,37 a       | 2,01 b       |
| Biomassa total (g)   | 3,10 a       | 5,71 b       |

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey.

A presença de *B. humidicola* também limitou o desenvolvimento de *C. myrianthum*, que respondeu com maior incremento em relação à ausência de gramíneas se comparada a *A. glandulosa* (Tabelas 3). Danieli-Silva (2010) observou que espécies arbóreas nativas com micorrizas tiveram aumento de suas dimensões na competição inter-específica. Como *C. myrianthum* associa-se com fungos micorrízicos (ALVES *et al.*, 2007; PASQUALINI *et al.*, 2007; ZANGARO *et al.*, 2003), a presença destes pode aumentar a competição entre as raízes ou promover a divisão dos nutrientes entre elas (CASPER; JACKSON, 1997). Além disso, podem fazer com que as plantas capturem nutrientes que seriam inacessíveis e com isso aumentar o potencial competitivo.

O incremento em diâmetro dos indivíduos arbóreos de *C. myrianthum* livres da gramínea foi cerca de 50% superior do que aqueles onde consta a presença da mesma (Tabela 3).

TABELA 3 - Incremento médio em altura e diâmetro de *C. myrianthum* com e sem *B. humidicola*

| <i>C. myrianthum</i> | DIÂMETRO MÉDIO (cm) |       | INCREMENTO MÉDIO |
|----------------------|---------------------|-------|------------------|
|                      | Inicial             | Final |                  |
| com gramínea         | 4,42                | 4,47  | 0,05 a           |
| sem gramínea         | 4,41                | 6,82  | 2,41 b           |
|                      | ALTURA MÉDIA (m)    |       | INCREMENTO MÉDIO |
|                      | Inicial             | Final |                  |
| com gramínea         | 23,26               | 26,47 | 3,21 a           |
| sem gramínea         | 23,27               | 50,27 | 27,00 b          |

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey.

As biomassas aéreas, das raízes e total também foram maiores no tratamento sem *B. humidicola* (Tabela 4).

TABELA 4 - Biomassa final de *C. myrianthum* com e sem *B. humidicola*.

| <i>C. myrianthum</i> | com gramínea | sem gramínea |
|----------------------|--------------|--------------|
| Biomassa aérea (g)   | 1,98 a       | 7,68 b       |
| Biomassa raiz (g)    | 2,02 a       | 7,61 b       |
| Biomassa total (g)   | 4,01 a       | 15,29 b      |

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey.



Essas diferenças concordam com pesquisas que mostram que a convivência das gramíneas exóticas com culturas afeta a produtividade agrícola (ZAGONEL, 2000; GALON, 2008) e plantios de espécies arbóreas de interesse econômico (TOLEDO *et al.*, 2000). Concordam também com resultados de pesquisas em que se observaram presença de gramíneas competidoras em áreas de regeneração natural (CHEUNG *et al.*, 2009) ou plantios de restauração (MARTINS *et al.*, 2004; SANTANA; ENCINAS, 2008).

O incremento e as biomassas de *B. humidicola* nos vasos foram muito superiores quando comparados com as espécies arbóreas (Tabela 5). Essas gramíneas podem atingir até 1,20 m de altura e forma grande massa foliar, com longos estolões rasteiros que têm alta capacidade de enraizamento, promovendo rápida cobertura do solo, favorecendo sua competição com outras plantas (KISSMANN; GROTH, 1997; VILELA, 2005). O rápido crescimento das raízes pode conferir significativa vantagem competitiva em casos onde existam interações de espécies (RIZZARDI *et al.*, 2001).

O fato de as duas espécies terem seu desenvolvimento limitado nos vasos com a gramínea, e esta última apresentar desenvolvimento acentuadamente superior nos vasos, permite inferir que a *B. humidicola* influenciou fortemente no desenvolvimento das espécies arbóreas.

TABELA 5 – Comparação das biomassas finais de *C. myrianthum*, *A.glandulosa* e *B. humidicola* nos vasos com gramínea.

| Espécies (com gramínea) | Biomassa (g) |       |       |
|-------------------------|--------------|-------|-------|
|                         | Aérea        | Raiz  | Total |
| <i>A. glandulosa</i>    | 1,73         | 1,37  | 3,10  |
| <i>C. myrianthum</i>    | 1,98         | 2,02  | 4,01  |
| <i>B. humidicola</i>    | 14,91        | 65,88 | 80,79 |

A composição das espécies vegetais em uma comunidade é determinada em parte pela competição, e o efeito das plantas vizinhas é maior se os recursos disponíveis para as plantas forem reduzidos (RIZZARDI *et al.*, 2001). Espécies exóticas quando utilizam os recursos disponíveis, promovem a sua redução para as espécies nativas e, na ausência de inimigos naturais, têm seu desenvolvimento acelerado (RICKLEFS, 2003).

Como pode ser observado na tabela 3, a competição entre os indivíduos implantados nos vasos com a gramínea reflete principalmente em nível de raiz, onde *B. humidicola* apresentou intenso crescimento, com raízes que cresceram ao redor das raízes das plântulas. Casper e Jackson (1997) afirmam que a habilidade em ocupar o espaço está relacionada com as características das raízes, como taxa de incremento, a biomassa e a densidade de raízes finas.

As raízes da *B. humidicola* apresentam diâmetro reduzido (COSTA *et al.*, 2002), menor do que as espécies implantadas na área, conferindo mais uma vantagem competitiva para a gramínea, já que raízes com pequeno diâmetro apresentam maior potencial de fixação por unidade de área do que raízes com diâmetro maior (BOZSA; OLIVER, 1990). Seibert *et al.* (1993) descrevem raízes de diâmetros menores em espécies de semente pequena, possibilitando a formação de comprimento radicial longo, sugerindo que espécies de sementes pequenas, como as de *B. humidicola*, sejam beneficiadas em competição abaixo do solo, por formarem raízes longas e de rápido crescimento. Rizzardi *et al.* (2001) salienta que a competição entre raízes de gramíneas e culturas interfere tanto na disponibilidade de água e nutrientes, quanto nas interações por luz na parte aérea.

As biomassas aéreas das gramíneas nos vasos também foram muito superiores às de *A. glandulosa* e *C. myrianthum* (Tabela 5), restringindo luminosidade e os processos fotossintéticos dos indivíduos arbóreos, dificultando a alocação de carboidratos (RIZZARDI *et al.*, 2001). As poaceas apresentam uma mudança morfológica importante que resulta em processo fotossintético mais eficiente, denominado via C4 (KERBAUY, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004). Este mecanismo promove um aumento dez vezes maior na concentração de CO<sub>2</sub> na célula da bainha em relação a do mesófilo. Como um dos grandes problemas das plantas é a perda de água pelos estômatos quando estes estão abertos para permitir a entrada de CO<sub>2</sub>, esse mecanismo evita essa perda, pois, o aproveitamento do CO<sub>2</sub> é muito melhor em comparação as demais plantas (KERBAUY, 2004).

Além disso, a *B. humidicola* possui atividade alelopática tanto em suas sementes como na parte aérea e nas suas raízes, inibindo o desenvolvimento de outras plantas (SOUZA FILHO *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2003)

#### 4.4 CONCLUSÕES:

A gramínea *B. humidicola* influi negativamente no desenvolvimento das espécies arbóreas *A. glandulosa* e *C. myrianthum*.

*C. myrianthum* respondeu com maior incremento em relação à ausência da gramínea.

A competição entre as espécies arbóreas e as gramíneas ocorre principalmente em nível radicial.

## INVASIVE GRASSES COMPETITION IN DEVELOPMENT OF NATIVE TREES

**ABSTRACT-** This study aimed to evaluate the competition between the grass specie *Brachiaria humidicola* and native species trees, *Alchornea glandulosa* and *Cytherexylum myrianthum* planted in a greenhouse. The presence of grass limited the development of that two tree species. *C. myrianthum* had greater increases without the grass. The *B. humidicola* growth and biomass planted in green house were much higher when compared with tree species. The competition was mainly in the root level.

**Index terms:** *B. humidicola*, Competition, Riparian Forest Restoration.

## LITERATURA CITADA (Capítulo 2)

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras**: gramíneas e leguminosas. São Paulo: Nobel, 1982.

ALVES, E.W.; PESCADOR, R.; STURMER, S. L. Germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae) em diferentes substratos. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 741-743, 2007.

BOZSA, R. C.; OLIVER, L. R. Competitive mechanisms of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and soybean (*Glicine max*) during seedling growth. **Weed Science**, v. 38, n. 4-5, p. 344-350, 1990.

CASPER, B. B.; JACKSON, R.B. Plant competition underground. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 28, p. 445-570, 1997.

CHEUNG, *et al.* Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 23, n. 4, p. 1048-1056, 2009.

COSTA, F. PEREYRA, R. O. PACLORNIK, S., RODRIGUES DE ABREU, J. B. Distribuição vertical de características morfológicas do sistema radicial de *Brachiaria humidicola*. **Pasturas Tropicales**, v. 24, n. 3, 2002.

GALON, L.. Períodos de interferência de *Brachiaria plantaginea* na cultura do milho na região sul do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 779-788, 2008.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997.

MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M. Capim gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **R. Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n.5, p. 739-747, 2004.

PASQUALINE, D.; UHLMANN, A.; STURMER, S. L. Arbuscular mycorrhizal fungal communities influence growth and phosphorus concentration of woody plants species from the Atlantic rain forest in South Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 245, p. 148–155, 2007.

PETENON, D. P.; PIVELLO, V. R. Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial. **Natureza & Conservação**, v. 6, n.1, p. 65-77, 2008.

POZZOBON, M. CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; GALVÃO, F.; ZIMMER, E. Restauração de planícies do rio Itajaí-Açú, SC: sobrevivência e crescimento inicial

de espécies arbóreas nativas por tipo de solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n. 63, p.171-189, 2010.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**: um livro-texto em ecologia básica. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

RIZZARDI, M. A. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, 2001.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. Levantamento das espécies exóticas arbóreas e seu impacto nas espécies nativas em áreas adjacentes a depósitos de resíduos domiciliares. **Biotemas**, v.21, n. 4, p. 29-38, 2008.

SCHAEFER, V. Alien invasion, ecological restoration in cities and the loss of ecological memory. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 2, p.171-176, 2009.

SEIBERT, A. C.; PEARCE, R. B. Growth analysis of weed and crop species with reference to seed weight. **Weed Science**, v. 41, n. 1, p. 52-56, 1993.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n.1, p. 25-32, 2005.

SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C. A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 657-668, 2006.

SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MAIOMONI-RODELLA, R. C. S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 343-354, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Artmed, 2004.

TOLEDO, R. E. B.; VICTORIA FILHO, R.; ALVES, P. L. C. A.; PITELLI, R. A.; CADINI, M. T. D. Efeitos da faixa de controle do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 383-393, 2000.

VILELA, H. **Pastagem**: seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 18, n.1, 2000.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S. M. A.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M. Mycorrhizal response and successional status in 80 woody species from south Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 315–324, 2003.

ZILLER, S. R. **Plantas exóticas invasoras:** a ameaça da contaminação biológica. Ciência Hoje, 2001.